



## АННОТАЦИЯ

Ал-Кхсрадж Абдуллах Х.И. Оптимизация производства керамических строительных материалов на ООО «КЕММА» – Челябинск: ЮУрГУ, СМиИ, 2020, 118 с., 17 ил., 18 табл. Библиографический список – 57 наименов.

В выпускной квалификационной работе представлены результаты оптимизации производства керамических строительных изделий на ООО КЕММА, рассмотрена технология производства керамических строительных изделий на предприятии, предложены решения по автоматизации работы шихтозапасника, проведены расчеты глинорыхлителя, теплотехнический расчет сушильного барабана, проведена оптимизация первичной переработки сырья и выполнено экономическое обоснование переоборудования шихтозапасника.

					<i>08.03.01.2020.320.255.00.00.ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Ал-Кхсрадж Абдуллах Х.И..			Оптимизация производства керамических строительных материалов на ООО КЕММА	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		Орлов А.А.				<i>ВКР</i>	<i>4</i>	<i>118</i>
<i>Нормоконтр.</i>		Черных Т.Н.				ЮУрГУ (НИУ)		
<i>Зав. каф.</i>		Орлов А.А.				Кафедра «Строительные материалы и изделия»		

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	7
1.1	Актуальность темы .....	7
1.2	Основное сырье для керамических материалов .....	8
1.3	Характеристики производства .....	11
1.4	Производство керамических строительных материалов и изделий. Общие технологические процессы .....	16
1.5	Выводы по литературному обзору .....	19
1.6	Цели и задачи ВКР .....	21
2.	ОПИСАНИЕ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ .....	21
2.1	Выпускаемая заводом продукция .....	21
3.	ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА .....	33
4.	МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКА ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ И СЕКЦИОННОГО ШИХТОЗАПАСНИКА .....	50
4.1	Расчёт глинорыхлителей .....	50
4.2	Технологическое оборудование, применяемое на технологической линии .....	54
5.	ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА .....	63
5.1	Обзор сушильных барабанов .....	63
5.2.	Принципиальная схема барабанной сушилки .....	66
5.3	Исходные данные для расчета .....	67
5.4	Расчет параметров топочных газов подаваемых в сушилку .....	68
5.5.	Определение параметров отработанных газов, расхода сушильного ... агента и расхода тепла на сушку .....	72
5.6.	Определение основных размеров сушильного барабана .....	74
6	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРА СЕКЦИОННОГО ШИХТОЗАПАСНИКА .....	82
6.1	Общие сведения .....	82
7	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....	84
7.1	Описание первичной переработки глинистого сырья .....	84

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	



# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Актуальность темы

За последние 100 лет отрасль производства строительных материалов значительно выросла. Качественное и количественное увеличение требований к технологиям и изделиям привели к необходимости расширения сырьевой базы, а также принятия в процессы производства в качестве сырья отходов различных производств промышленности. В технологии керамики все механизмы управления свойствами заключаются в подборе и подготовке состава шихты (зависит от качества исходной глины и отощителей), а также изменения температурной обработки полуфабриката.

На сегодняшний день существует необходимость получить не просто долговечные, а долговечные пористые материалы. Не так давно ужесточились требования к теплотехнике и звукоизоляции стен зданий, и у строителей появился выбор: либо увеличить толщину стены из керамических изделий и затратить дополнительные материалы, время и трудовые ресурсы, либо использовать более "эффективные" изделия. Естественным образом производители стеновой керамики отреагировали выпуском более "теплых" изделий, эффективных керамических блоков и кирпича. Низкая теплопроводность этих материалов достигнута за счет повышения их пористости. Большое количество пор привело к высокому водопоглощению и повышенной адсорбционной влажности, а это резко снизило такое важное свойство для большинства регионов нашей страны как морозостойкость. Вторая и часто основная причина низкой морозостойкости экономического характера. Выпускаются только конкурентоспособные материалы с минимизированными затратами на технологический процесс, в частности температуру/длительность обжига, на добычу и подготовку сырья, что также не способствует улучшению морозостойкости. Еще одна важная проблема в производстве строительных материалов – это истощение природных ресурсов. Запас каолиновых "жирных" глин на многих разрабатываемых месторождениях находится в дефиците. С этим сталкивается большинство заводов, построенных в прошлом веке. Те месторождения, к которым эти заводы были привязаны при

Инва. № подл.	Подп. и дата	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

строительстве, начинают истощаться, сырье приходится покупать или работать на более "грязном". В обоих случаях имеет место переменность состава сырья, критичная в плане изменения как основного, так и примесных минералов. Изменение даже доли процента некоторых примесей ведет к значительному изменению структуры и свойств керамического черепка. Показатели всех свойств, в том числе, морозостойкости, начинают "гулять", иногда выходя за пределы допустимого. Согласно ГОСТ 530 – 2012 "Кирпич и камень керамические. Общие технические условия" кирпич и камень должны быть морозостойкими и в зависимости от марки по морозостойкости в насыщенном водой состоянии должны выдерживать без видимых повреждений или разрушений не менее 25; 35; 50; 75; 100; 200 или 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания [9]. На практике, при использовании местных глин, морозостойкость составляет не более 100 циклов [1]. Все производства Челябинской области встречаются с вышеописанными трудностями получения морозостойких материалов, которые так необходимы для строительства промышленных и гражданских объектов не только в нашем регионе, но и на севере Российской Федерации, где уровень спроса на качественные материалы растет с каждым годом. Высокие требования к качеству получаемых материалов без модификаций состава шихты возможно обеспечить лишь повышением энергоемкости производства. Таким образом, повышение эксплуатационных характеристик стеновой керамики является актуальной задачей, которую можно решить путем направленного формирования структуры керамического черепка с помощью изменения состава шихты и/или оптимизации технологических параметров производства.

## 1.2 Основное сырье для керамических материалов

Исходное сырье для производства стеновой керамики представлено в большинстве случаев легкоплавкими глинами. Глинами являются горные породы осадочного происхождения, представленные в большей степени высокодисперсными алюмосиликатами, которые при затворении водой образуют пластичную массу, формуемую и подвергаемую сушке, далее обжигу при повышенных температурах. Благодаря этому получают изделие нужной формы с

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ					Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	8

определенной прочностью. По геологическому возрасту в большей степени используют глины аллювиальные – легкоплавкие однородные глины без каменистых включений, также диллювиальные – легкоплавкие глины и суглинки, часто неоднородны, с включениями известняка. Содержание песка в таких глинах может достигать до 50 %, в суглинках – от 50 до 85 %. Химический состав сырья разбивает глины на группы. Каолиновые глины богаты оксидом алюминия (содержание до 38 %), содержание кремнезема в них достигает в среднем 46 – 48 %, отличаются низким содержанием оксидов магния, кальция и железа, и немного повышенными значениями ППП. Более бедные глины – суглинки содержат не более 14 – 15 % оксида алюминия и до 70 – 72 % кремнезема, при этом обнаруживают большее количество примесей других оксидов. По минералогическому составу легкоплавкие глины содержат гидрослюды и небольшие количества гидроксидов алюминия и железа, основная примесь в глинах – кварцевый песок, придает глине запесоченность. Содержание известняка и доломита в виде карбонатов кальция и магния делают глину короткоплавкой, иногда переводят в категорию мергелистых вяжущих. Включения известняка могут вызывать появление "дутиков", что ухудшает ее качество. Углистые остатки придают изделиям более темных цвет. Главные глиняные минералы, придающие сырью свойство пластичности при затворении водой, являются каолинитом, монтмориллонитом и иллитом. Это водные алюмосиликаты, которые можно описать формулой такого вида  $xAl_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot zH_2O$ . Каолинит – наиболее распространенный глинистый минерал, имеет размер частиц менее 0,01 мм. Структура в виде двухслойного пакета из октаэдрического и тетраэдрического слоев, решетка плотная и малоподвижная. После обжига светлого цвета. Монтмориллонит – следующий распространенный минерал в глинах, имеет размер частиц менее 0,001 мм. Структура в виде трехслойного пакета представлена двумя тетраэдрическими и одним октаэдрическим слоем. Связь слоев слабее, структура более подвижная, способна забирать в себя большое количество воды. Основным отличием от каолинита – частое встраивание в кристаллическую решетку катионов магния, натрия, железа. Глинистые сланцы являются твердыми уплотнившимися глинами, используются как отощитель в производстве керамики (опыт производств

Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ	Лист
						9
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

в США). Зерновой состав глин для производства стеновой керамики достаточно разнообразен. Доля частиц размером менее 1 мкм может быть от 5 до 30 %, большинство частиц имеет размеры от 0,05 до 0,005 мм, их доля до 70 %. Пластичность легкоплавких глин находится в интервале от 20 до 7, являются глинами средней и умеренной пластичности. Огнеупорность таких глин 1150 – 1250 °С, а температура спекания 1100 – 1150 °С, интервал спекания равен 50 – 100 °С, данные глины низкотемпературного спекания. Трепелы и диатомиты имеют низкую плотность в пределах от 0,4 до 1,2 г/см<sup>3</sup> в следствии высокой пористости. Благодаря ей они часто выступают в качестве добавки к глинам, из-за чего сырец быстрее сохнет и имеет низкие показатели воздушной усадки.[8]

Таким образом, две основные функции глин в керамике – это создание пластичного теста и достижение нужной прочности после спекания – определяются минеральным составом. Пластичность появляется при наличии в исходном сырье достаточного количества алюмосиликатов – каолинита и монтмориллонита. Эти же минералы отвечают за спекание системы при повышенных температурах, являясь связующим компонентом фаз. В настоящее время после многолетнего использования карьеров и в условиях истощения запасов глиняного сырья производители вынуждены работать на бедном и более загрязненном сырье и достигать высоких характеристик конечного продукта, что возможно только корректировкой сырья.

Так же для одного из производимых видов кирпичей в состав шихты включен песок.

Влажность 10–14%

Модулькрупности 1,47

Гранулометрическийсоставпескаприведенвтаблице 1.2.2.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	



Таблица 1.1 - Гранулометрический состав песка

Фракция , мм	Содержание масс, %
10	1.0
5	0.5
2.5	1.0
1.25	1.5
0.63	6.5
0.315	41.5
0.14	34.0
< 0.14	15.0

В качестве выгорающей добавки используются древесные опилки. На стадии формования опилки действуют как отошитель (снижают пластичность, уменьшают воздушную усадку полуфабриката при сушке), а при обжиге действуют как выгорающая добавка, тем самым уменьшая плотность кирпича, снижая расход топлива на обжиг и повышая равномерность обжига.

### 1.3 Характеристики производства

Открытое Акционерное общество Челябинский завод стройиндустрии «КЕММА», расположен в Металлургическом районе г. Челябинска поселок Круглое. Предприятие было введено в эксплуатацию в 1988 году. Генеральный проектировщик: Научно-исследовательский и проектный институт строительных материалов «УРАЛНИИСТРОМПРОЕКТ» г. Челябинск. Проектная мощность 75 млн. штук кирпича. На предприятии для производства используется пластическое формование.

На предприятии имеется одна технологическая линия по производству керамического кирпича, так же в состав предприятия входят вспомогательные цеха и месторождения глинистого сырья. Рассмотрим вспомогательные цеха предприятия.

Ремонтно-механический цех - представляет собой комплекс по изготовлению и ремонту запасных частей, технологической оснастки, нестандартного

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

11

Инва. № подл. Подп. и дата Подп. и дата Инв. № дубл. Взам. инв. №

оборудования, специальных приспособлений. В этом цехе ремонтируется технологическое оборудование и парк автомобилей предприятия.

Энерго-ремонтный цех - является структурным подразделением предприятия, осуществляющим эксплуатацию и ремонт котлов и сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды; обеспечение работоспособности электрических и тепловых машин, механизмов, оборудования (в том числе технологического), сетей; эксплуатацию систем питьевого водоснабжения и водоотведения; эксплуатацию и ремонт объектов газового хозяйства предприятия; обеспечение микроклимата в помещениях; оказание услуг местной телефонной связи.

Складские помещения необходимы для хранения готовой продукции и непосредственно для размещения технологического оборудования.

Гараж — это помещение для стоянки технического осмотра автотранспорта предприятия.

Ремонтно-строительный участок необходим для ведение различных ремонтных работ на территории предприятия, участок осуществляет косметический ремонт зданий предприятия, выполняет различные строительные работы (изготовление фундамента, ремонт кровли и т.п.).

Участок изготовления огнеупорного бетона – специально-оборудованный цех для производства огнеупорного бетона со своим технологическим оборудованием.

За предприятием закреплены следующие месторождения.

Северо-Круглянское месторождение элювия порфиритов расположено к северо-востоку от г.Челябинска в Красноармейском районе. Глинистое сырье представляет собой рыхлую породу буровато-желтого, зеленоватого, красно-вишневого, сиреневого цветов. Основная масса глинистого сырья образовалась за счет физико-химического выветривания порфиритов, их туфов, сланцев, конгломератов, алевролитов. По количеству крупнозернистых включений преобладает сырье с высоким содержанием включений размером более 0,5 мм от 0,4-47,6% (включения кварца, карбонатов, обломки горных пород). По содержанию тонкодисперсных фракций глинистое сырье относится к грубодисперсному сырью,

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

т.к. количество фракций менее 0,001 мм составляет от 5-9%. По минеральному составу глинистое сырье относится к монтмориллонит каолинит гидрослюдистому типу. По пластичности преобладает сырье малопластичное и умеренно пластичное (3-15 пластичность по Аттенбергу). По огнеупорности – сырье относится к группе легкоплавкого глинистого сырья, температура плавления - 1270°С.

По степени спекания сырье относится к группе не спекающегося глинистого сырья.

Таблица 1.2 - Химический состав сырья месторождения Северо-Круглянское %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ППП
53.17	21.19-	13.41-	1.17-	3,12-	1,51-	0,1-3,0	0,41-	-	7,91-
-	13.98	8.97	0.47	0,47	5,96		4,05		4,23
61.40									

Месторождение «Мельничный тупик» расположено в северной части г.Челябинска на левом берегу р.Миасс, в 0,6 км на запад от шоссе Челябинск-Свердловск. Месторождение сложено глинами и суглинками речных террас. Суглинки бурые плотные с включениями выветрелых карбонатных пород, преимущественно в северной и юго-восточной части месторождения. Глины красно-бурые, плотные, вязкие, слабо песчанистые, с включениями карбонатных конкреций. По количеству крупнозернистых включений преобладает сырье со средним содержанием включений. Количество включений размером более 0,5 мм от 0,7-15,0%, в среднем 4,2%. Количество частиц размером от 0,5 мм до 0,006 мм колеблется от 26,7% до 40,1%.

По пластичности сырье относится к группе пластичного глинистого сырья. По огнеупорности – легкоплавкое глинистое сырье. По содержанию Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> относится к группе полукислого. Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в среднем 14,6%. Сырье имеет повышенную воздушную линейную усадку 8,1-12,8%, высокий коэффициент чувствительности к сушке от 1,45-3,24. Огневая усадка колеблется от 0,2-3,1%. Водопоглощение от 7,3-15,5%, преобладает 9-11%.

Таблица 1.3 - Химический состав сырья месторождения «Мельничный тупик», %

Интв. № подл.	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Интв. № инв.	Подп. и дата
Интв. № инв.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ	Лист
						13

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ППП
58,2- 72,0	12,2- 22,4	6,63- 9,08	0,6-1,0	0,92- 2,3	0,92- 2,3	0,71- 1,6	0,13- 1,45	3,17- 7,17

Глина Нижне-Увельская керамическая марки «НУК», «НУК улучшенная» ТУ 5751-032-59284560-2006. Нижне-Увельское месторождение глинистого сырья расположено к югу от г. Челябинска в Увельском районе. Глинистое сырье серовато-белого цвета с небольшими гнездами и прожилками ожелезненной глины, сырье вязкое, жирное, среднепластичное (число пластичности 24,9), с преобладанием средних включений (карбонатные включения, обломки горных пород, кварц, железистые включения). По содержанию тонкодисперсных фракций глинистое сырье относится к среднедисперсному (количество фракции менее 0,001 мм составляет 52,38%). По огнеупорности глина относится к группе тугоплавкого сырья, огнеупорность не ниже 1350°С.

Таблица 1.4 - Химический состав сырья месторождения «Нижне-Увельское», %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ППП
62,68	23,76	2,49	1,0	1,0	0,54	0,69	0,40	0,05	7,93

Глина Берлинского месторождения Бускульского карьероуправления СТП 14-101-188-97 марки БР-3. Глинистое сырье серо-желтого цвета, пластичное, вязкое. По минеральному составу каолиновые глины с небольшой примесью монтмориллонита, гидрослюды, содержат водорастворимые соли. По количеству и размеру крупнозернистых включений относится к группе сырья со средним содержанием включений до 5%. По огнеупорности относится к группе огнеупорного сырья. Показатель огнеупорности 1630°С. Воздушная усадка 7,1-9,0%. Огневая усадка 2,3-4,2%.

Таблица 1.5 - Химический состав сырья месторождения «Берлинское», %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO+CaO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
70,5	28,0	4,5-5,5	0,7	0,3	1,5	-

Подп. и дата  
 Взам. инв. №  
 Инв. № дубл.  
 Подп. и дата  
 Инв. № подл.

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Песок из доменного гранулированного шлака для бетонов и растворов. ТУ 5745-087-46854090-99, ГОСТ 3476-74.

Каолин сырец Полетаевского месторождения ТУ 5729-001-21560370-2006.

Месторождение расположено в Сосновском районе Челябинской области. Глинистый материал белого с серым или желтым оттенком. Основной минерал каолинит 45-50%. По количеству и размеру крупнозернистых включений относится к группе с высоким содержанием включений до 27,1%, размер преобладающих кварцевых включений от 1-5 мм. Воздушная усадка 3...5%, огневая 0,1...1,5%.

Таблица 1.6 - Химический состав сырья месторождения «Полетаевское», %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O	ППП
54,7	38,2	1,6	1,0	0,9	3,5	7,55

Пигмент на основе оксида марганца марки BrickmaxP.

Очень мелкий порошок коричневого цвета. Удельный вес – 4,3 г/см<sup>3</sup>. Набивная плотность 1200-1400 кг/м<sup>3</sup>. Минералогия: синтетический гаусманит, Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (MnO - Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Микро кристаллический, сферической формы.

Таблица 1.7 - Химический состав пигмента на основе оксида марганца марки BrickmaxP, %

Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
93,0-97,5	6,0	0,09	0,4	0,36	0,05

Предприятие обеспечивается технической и питьевой водой за счет артезианской скважины, теплом из собственной котельной, электроэнергией от предприятия Челябэнерго через собственную подстанцию, основным топливом для котельных и технологического оборудования является природный газ, поступающий на предприятие через газопровод.

На предприятии имеются следующие транспортные развязки железнодорожная ветка 1 км, с карьером предприятие связано дорогой с

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

15

Лист Изм. № докум. Подп. Дата

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

асфальтным покрытием, с городом автодорогой с бетонным покрытием длиной 1,5 км. В таблице 1.3.7 описаны основные удельные нормы расхода сырья и ТЭР.

Таблица 1.8 - Основные удельные нормы расхода сырья и ТЭР

№ п/п	Наименование	Поставщик	Ед.изм	Норма расхода на 1000 шт. усл. кирпича
1	Глинистое сырье	карьер завода	куб.м куб.м	2,0 (пустотелые изделия) 2,7 (полнотелые изделия)
2	Энергоресурсы:			
22.1	Топливо на производство кирпича (природный газ)	ООО «Челябрегионгаз»	куб.м	154
22.2	Электроэнергия	ОАО Энергетики и электрификации	кВт·ч	190,0
22.3	Теплоэнергия	«Челябэнерго» (собственная котельная)	ккал	150,0
33	Вода (техническая)	Дождевые стоки	куб.м	0,1

#### 1.4 Производство керамических строительных материалов и изделий. Общие технологические процессы

Эксплуатационные характеристики керамических изделий во многом определяются как составом сырьевых материалов, так и технологическими приемами их изготовления. В производстве обширной номенклатуры современной строительной керамики используются родственные технологические процессы, позволяющие кратко обобщить основы производства керамических материалов.

Можно выделить следующие общие технологические процессы:

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

16

Инв. № подл.    Подп. и дата    Инв. № дубл.    Подп. и дата    Взам. инв. №    Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

1. добыча глины;
2. подготовка сырьевой массы;
3. формование изделия (сырца);
4. сушка;
5. обжиг.

Эти пять стадий производства являются общими для всех видов керамических изделий. Для отдельных видов изделий могут применять различные способы формования (кирпич пластического и полусухого формования), разные способы сушки (воздушная или в сушильных камерах), а также дополнительные производственные процессы – покрытие изделий глазурью или ангобом.

#### Добыча глины.

Добыче сырья предшествует геологическая разведка, определение химического и минерального состава, физических свойств сырья, полезной толщи месторождения, его однородности и характера залегания, объема работ и т.д. Глина обычно залегает – на небольшой глубине. Разрабатывается сырье в карьерах открытым способом при помощи – Бульдозер ДЗ-110В, Экскаватор ЕК-400, Экскаватор ЕК-400 и Экскаватор Э-10011. Завод по производству керамических изделий находится вблизи месторождений глин, т.е. основной карьер является составной частью завода. Добычу глины стремятся осуществлять в теплое время года, создавая запас материала на складе для работы зимой. Транспортируют глину из карьера на завод автосамосвалами Урал 5530, Урал 55571-30.

#### Подготовка сырьевой массы.

Добытая в карьере, и доставленная на завод глина непригодна для формования изделий, и нужно разрушить природную структуру глины, очистить ее от вредных примесей, измельчить крупные фракции, смешать с добавками, увлажнить ее, чтобы получилась удобоформуемая масса. Для этих видов работ используются пластинчатые питатели типа СМК-351, ленточные конвейера, в то числе реверсивные, глинорыхлители СМК-225, дезинтеграторы СМК-359, автопогрузчики, шнековые дозаторы, подвесные электромагнитный железоотделители, вальцы с гладкими валками СМК-372, смеситель с

Интв. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
Интв. № дубл.	Подп. и дата
	Интв. № подл

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

17

фильтрующей решеткой СМК-355, мост загрузочный СМК-358 и шихтозапасники, где происходит хранение и вылеживание глиняной шихты.

Формование изделий – одно из важных операций при изготовлении керамических изделий. Способы изготовления определяются формовочными свойствами сырьевой смеси и, прежде всего, пластичностью, которая многом зависит от количества воды в формовочной смеси. В зависимости от влажности формовочной массы способы подразделяются на сухой, полусухой, пластический и литьевой(шликерный).

На предприятии используется наиболее экономичным и распространенным является способ пластического формования при влажности массы 18... 24%. Основные механизмы, используемые на этом этапе – мост разгрузочный СМК-360, конвейера ленточные, экскаватор многоковшовый, глиномешалки СМК-373, бункер разделительный, вальцы тонкого помола СМК-339, разбрасыватели, железоотделители подвесные П100, валковая дробилка тонкого измельчения ВФЦХ10120Д, пресс шнековый вакуумный СМК-376,экструдер Е65А/56 со смесителем, многострунное резательное устройство, автомат укладчик СМК-377, вагонетка сушильная СМК-393, разного рода толкатели. Шнеквал прессы с переменным шагом лопастей перемалывает массу, одновременно уплотняя её к выходному отверстию. Вакуумирование на последней стадии прессования позволяет дополнительно уплотнить массу. Выходное отверстие прессы– мундштук обеспечивает получение непрерывного глиняного бруса необходимых геометрических размеров. Форма мундштука и его размеры определяют вид выпускаемых изделий: кирпич, камни, плитки, черепица, трубы, фасонные изделия. Установленные перед мундштуком пустотообразователи позволяют формовать дырчатые изделия, с щелевыми пустотами и т.д.

Сушка и обжиг изделий. В зависимости от способа изготовления влажность сырьевых смесей колеблется в очень больших пределах от 16 до 20%. Удаление воды из отформованных изделий сопровождается усадочными деформациями и, соответственно, возникновением внутренних напряжений. Последние при жестких режимах сушки могут являться причиной искривления, появления трещин, снижающих качественные показатели изделий. Сушку изделий производят до

Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ	Лист
						18
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		



остаточной влажности до 2% в сушилке туннельной (воспроизведенный вариант сушилки «Милано-Кара» фирмы «Униморандо». Температура теплоносителя 120...150°C.

Обжиг керамических изделий – один из наиболее ответственных технологических этапов, во многом определяющих свойства получаемых материалов.

В производстве строительной керамики в основном используют туннельные печи непрерывного действия высушенные изделия на обжиговых вагонетках, передвигаясь по туннелям, постепенно нагреваются до температуры спекания в зоне сгорания топлива, а затем медленно охлаждаются встречным потоком воздуха.

При температуре порядка 100...120 °С удаляется физически связанная свободная вода. При температуре 450 ...600 °С глинистые вещества необратимо теряют пластические свойства. Дальнейшее повышение температуры приводит к разрушению кристаллической решетки алюмосиликатов и распаду их на отдельные окислы: при повышении температуры до 1000 °С образуется соединение силлиманит, при температуре 1150 С– новый минерал муллит. Эти минералы обеспечивают высокую прочность и стойкость керамического черепка к различным факторам внешней среды. Обжиг происходит в Печь туннельная воспроизведенный вариант печи «Модуль 70» фирмы «Униморандо».

После обжига полученные изделия медленно охлаждаются, так как при резком охлаждении могут образоваться трещины. Перед отгрузкой потребителю керамические изделия сортируют с целью проверки качественных показателей на их соответствие требованиям государственных стандартов.

### 1.5 Выводы по литературному обзору

1. Актуальность темы заключается в большом потреблении керамического кирпича в строительной сфере.

2. Глинистые горные породы, применяемые для производства керамического кирпича светлых тонов, как правило, содержат каолин, тонкодисперсный кварц и гидрослюда, содержащие небольшое количество железа.

Интв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Интв. № подл	Подп. и дата	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

3. Рассмотрена структура предприятия, выделены основные месторождения глиняных масс, организация производства, технологический процесс и основное оборудование для изготовления керамического кирпича.

Инва. № подл.	Подп. и дата	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

20

## 1.6 Цели и задачи ВКР

Цель:

Оптимизировать линию производства керамического кирпича на предприятии ООО КЕММА.

Задачи:

1. Исследовать технологию производства керамического кирпича на предприятии ООО КЕММА.
2. Рассмотреть механическое оборудование участка приема сырья и дозирования добавок.
3. Провести расчет глинорыхлителя.
4. Провести теплотехнический расчет сушильного барабана.
5. Внедрение нового экскаватора в шихтозапасник.
6. Автоматизировать технологический процесс подачи добавок в шихту.
7. Оптимизировать процесс первичной переработки сырья.
8. Провести экономический расчет проведенной оптимизации.

## 2 ОПИСАНИЕ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

### 2.1 Выпускаемая заводом продукция

Выпускаемая продукция заводом ООО КЕММА:

- 1) кирпич одинарный пустотелый;
- 2) утолщенный пустотелый кирпич;
- 3) камень керамический;
- 4) камень крупноформатный;
- 5) кирпич полнотелый одинарный;
- 6) кирпич полнотелый одинарный утолщенный.

В зависимости от пустотообразователей пустотелый кирпич может выпускаться различной пустотности. На данном заводе выпускается кирпич с пустотностью 6% и 32%. Керамический камень выпускают с пустотностью 30%; 34,5%; 40%; 41,5%; 42% и 50,4%.

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

21

Инва. № дубл.	Инва. № дубл.	Инва. № дубл.	Инва. № дубл.	Инва. № дубл.
Взам. инв. №	Взам. инв. №	Взам. инв. №	Взам. инв. №	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата
Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

По результатам испытаний выпускают марку кирпича:М125.ПоГОСТу530-2012 кирпич должен иметь морозостойкость не менее 35 циклов. Камень крупноформатный выпускают по маркам прочности М-50-125, с водопоглощением 13-15% и маркой по морозостойкости F-25. Основные геометрические размеры с допуском по виду продукции приведены в таблице 2.1[6]

Таблица 2.1 - Основные геометрические параметры выпускаемой продукции

Видпродукции	длина,мм	ширина,м м	высота,м м
Одинарныйкирпич	250± 4	120± 3	65± 3
Утолщенныйкирпич	250± 4	120± 3	88± 3
Каменькерамический К-2,12	250± 4	120± 3	140± 4
Каменькерамический КМ-пг10.7НФ	380± 10	250± 5	219± 4
Каменькерамический КМ-пг6.9НФ	510± 10	120± 3	219± 4
Каменькерамический КМ-пг3.4НФ	250± 10	120± 3	219± 4

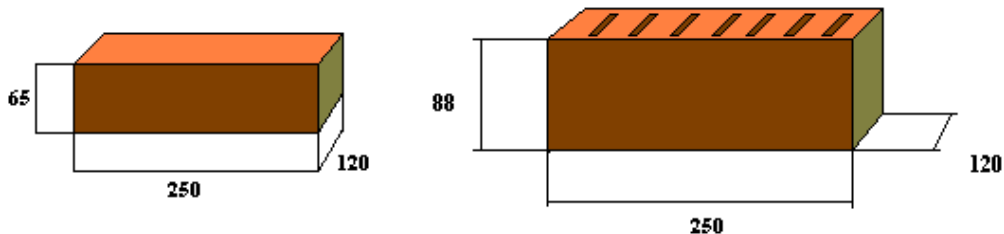


Рис.2.1 – Виды кирпича, а) – одинарный полнотелый кирпич;б)–утолщенный пустотелый кирпич

Виды керамического кирпича приведены в таблице 2.2

Таблица 2.1 - Виды керамических изделий

Название кирпича	Основные характеристики	Область применения	Марка по прочнос ти
1	2	3	4

Инва. № дубл.  
Инва. № инв. №  
Подп. и дата  
Подп. и дата  
Инва. № подл.

Лист  
Изм.  
№ докум.  
Подп.  
Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист  
22

Продолжение таблицы 2.1

<p>Кирпич керамический пустотелый (32%) одинарный, 250*120*65 мм</p>	<p>Морозостойкость – до F50                  Водопоглощение – 8-10%                  Вес – 2,5 кг                  Объемный вес – 1240 кг/м3                  Теплопроводность -0,43Вт/м*с</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений</p>	<p>М -100                  М -125                  М -150                  М -175</p>
<p>Кирпич керамический пустотелый (32%) утолщенный, 250*120*88 мм.</p>	<p>Морозостойкость – до F50                  Водопоглощение – 8-10%                  Вес – 2,8 кг                  Объемный вес – 1440 кг/м3                  Теплопроводность -0,43Вт/м*с</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений</p>	<p>М -100                  М -125                  М -150                  М -175</p>
<p>Кирпич керамический пустотелый (с 6% технологических пустот) одинарный, 250*120*65мм</p>	<p>Морозостойкость – до F50                  Водопоглощение – 8-10%                  Вес – 3,0 кг                  Объемный вес – 1750 кг/м3                  Теплопроводность -0,51Вт/м*с</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений, а также фундаментов и ответственных конструкций, для печей и каминов.</p>	<p>М -100                  М -125                  М -150                  М -175</p>

Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № дубл.	Взам. инв. №
Изм.	Подп. и дата
№ докум.	Подп. и дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 2.1

<p>Кирпич керамический пустотелый (с 6% технических пустот) утолщенный 250*120*88 мм</p>	<p>Морозостойкость – до F75 Водопоглощение – 8-10% Вес – 3,6 кг Объемный вес – 1850 кг/м3</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменн ых наружных внутренних зданий и сооружений, а также фундаменто в и ответственн ых конструкций , для печей и каминов.</p>	<p>М -100 М -125 М -150 М -175</p>
<p>Кирпич керамический полнотелый динарный 250*120*65</p>	<p>Морозостойкость – до F75 Водопоглощение – 13-15% Вес – 3,5 кг Объемный вес – 1795 кг/м3</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменн ых наружных внутренних зданий и сооружений, а также фундаменто в и ответственн ых конструкций , для печей и каминов.</p>	<p>М -100 М -125 М -150 М -175</p>

Интв. № подл.	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Интв. № подл.	Подп. и дата
Интв. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 2.1

<p>Кирпичкерамическийполнотелыйутолщенный250*120*88</p>	<p>Морозостойкость – до F75 Водопоглощение – 13-15% Вес – 4,8 кг Объемный вес –1818 кг/м3</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений, а также фундамента в и ответственных конструкций , для печей и каминов</p>	<p>М -100 М -125 М -150 М -175</p>
<p>Камень с пазогребневым соединением 10.7НФ 250*380*219</p>	<p>Морозостойкость –F25 Водопоглощение – 16-17% Вес – 20,4 кг Пустотность –50,4% Теплопроводность–0,15 Вт/м*с</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений, а также фундамента в и ответственных конструкций</p>	<p>М -50 М -75 М -100 М -125</p>

Интв. № подл	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 2.1

<p>Камень с пазогребневым соединением КМ-пг 10.7НФ 380*250*219</p>	<p>Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 13-15% Вес – 21,9 кг Пустотность –50,4%</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений, а также фундамента в ответственных конструкциях.</p>	<p>М -50 М -75 М -100 М -125</p>
<p>Камень с пазогребневым соединением КМ-пг 8.5НФ 380*200*219</p>	<p>Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 13-15% Вес – 19,9 кг Пустотность –40%</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений.</p>	<p>М -50 М -75 М -100 М -125</p>
<p>Камень с пазогребневым соединением КМ-пг 7.7НФ 380*180*219</p>	<p>Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 13-15% Вес – 16,6 кг Пустотность – 34,5%</p>	<p>Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений.</p>	<p>М -50 М -75 М -100 М -125</p>

Интв. № подл	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ



Продолжение таблицы 2.1

Камень с пазогребневым соединением КМ-пг 6.9НФ 510*120*219	Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 13-15% Вес – 16,1 кг Пустотность – 41,5%	Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений.	М -50 М -75 М -100 М -125
Камень с пазогребневым соединением КМ-пг 5.7НФ 510*100*219	Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 13-15% Вес – 13,4 кг Пустотность – 50,4%	Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений.	М -50 М -75 М -100 М -125
Камень с пазогребневым соединением КМ-пг 4.6НФ 510*80*219	Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 13-15% Вес – 12,3 кг Пустотность – 40%	Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений.	М -50 М -75 М -100 М -125
Камень с пазогребневым соединением 3.5НФ 250*125*219	Морозостойкость – F25 Водопоглощение – 15% Вес – 7.2 кг Пустотность – 42%	Для кладки каменных и армокаменных наружных внутренних зданий и сооружений.	М -75 М -100 М -125

Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № дубл.	Взам. инв. №
Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Окончание таблицы 2.1

Камень К-2,12250*120*140	Морозостойкость – F35;50;75	Для кладки каменных и армокаменн ых наружных внутренних зданий и сооружений.	М -100
	Водопоглощение – 13-16%		М -125
	Вес – 5,25-5,35 кг		М -150
	Пустотность – 30%		

К внешнему виду керамических изделий предъявляются ряд требований:

1. На рядовом изделии не допускаются дефекты внешнего вида размеры и количество которых превышают указанное в таблице 2.3

Таблица 2.2 - Дефекты внешнего вида изделия

Вид дефекта	Лицевые изделия	Рядовые изделия
Отбитости углов глубиной, отбитости ребер и граней длиной более 15 мм, шт	Не допускаются	4
Отбитости углов глубиной, отбитости ребер и граней длиной не более 15 мм, шт	2	Не регламентируются
Отдельные посечки суммарной длиной, мм, не более для кирпича для камня	40 80	Не регламентируются
Трещины, шт.	Не допускаются	4

2. Отбитости и притупленности углов и ребер, шероховатости, трещины и другие повреждения на лицевых поверхностях лицевых изделий не допускается.

3. В рядовом изделии не допускается наличие в изломе или на поверхности глины, песка, извести и посторонних включений размером свыше 5мм в количестве более 3.

Инв. № подл. | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ



6. Предельные отклонения от номинальных размеров не должны превышать на одном изделии, мм:

по длине:

— кирпича и камня без пазогребневого соединения  $\pm 4$ ;

— камня с пазогребневым соединением  $\pm 10$ ;

по ширине:

— кирпича и камня шириной не более 120 мм  $\pm 3$ ;

— камня шириной более 120 мм  $\pm 5$ ;

по толщине:

— кирпича лицевого  $\pm 2$ ;

— кирпича рядового  $\pm 3$ ;

— камня  $\pm 4$ ;

6. Отклонение от перпендикулярности смежных граней изделий не допускается более:

— 3 мм - для кирпича и камня длиной до 300 мм;

— 1,4% длины любой грани - для камня длиной или шириной свыше 300 мм.

7. Отклонение от плоскостности граней изделий не допускается более:

— 3 мм - для кирпича и камня;

— 1 мм - для шлифованного камня.

8. Толщина наружных стенок пустотелого кирпича должна быть не менее 12 мм, камня - не менее 8 мм.

Радиус закругления угла вертикальных смежных граней должен быть не более 15 мм, глубина фаски на горизонтальных ребрах - не более 3 мм.

Размеры и число выступов пазогребневого соединения не регламентируют.

Диаметр вертикальных цилиндрических пустот и размер стороны квадратных пустот должен быть не более 20 мм, ширина щелевидных пустот - не более 16 мм.

Размер пустот изделий с пустотностью не более 13% не регламентируют.

Размеры горизонтальных пустот не регламентируют.

Для камня допускаются пустоты (для захвата при кладке) общей площадью сечения, не превышающей 13% площади постели камня.

Интв. № инв. №	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Подп. и дата
Интв. № подл	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

9. Лицевые изделия должны иметь не менее двух лицевых граней - ложковую и тычковую. Цвет и вид лицевой грани устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем и оговариваются в документе на поставку.

Рядовые изделия изготавливаются с гладкими или рельефными вертикальными гранями.

Лицевые кирпич и камень по виду лицевой поверхности изготавливаются:

- с гладкой и рельефной поверхностями;
- с поверхностью, офактуренной торкретированием, ангобированием, глазурированием, двухслойным формованием или иным способом.

Изделия могут быть естественного цвета или объемно окрашенными.

10. На лицевых изделиях допускаются единичные вспучивающиеся (например, известковые) включения глубиной не более 3 мм, общей площадью не более 0,2% площади лицевых граней.

На рядовых изделиях допускаются вспучивающиеся включения общей площадью не более 1,0% площади вертикальных граней изделия.

11. На лицевых и клинкерных изделиях не допускаются высолы.

12. Дефекты внешнего вида изделия, размеры и число которых превышают значения, указанные в таблице 2.3, не допускаются.

13. У изделий допускаются черная сердцевина и контактные пятна на поверхности.

14. В партии не допускается половняк более 5% объема партии.

Керамический кирпич обычно применяется для возведения несущих и самонесущих стен и перегородок, одноэтажных и многоэтажных зданий и сооружений, внутренних перегородок, заполнения пустот в монолитно-бетонных конструкциях, кладки фундаментов, внутренней части дымовых труб, промышленных и бытовых печей. Стоит разделить преимущества рядового (строительного) и лицевого кирпича. Последний применяется практически во всех областях строительства.

Лицевой кирпич изготавливается по специальной технологии, которая придает ему массу преимуществ. Лицевой кирпич должен быть не только красивым, но и надежным. Облицовочный кирпич обычно применяется при

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

31

Изм. № подл. Подп. и дата. Подп. и дата. Взам. инв. №. Инв. № дубл. Подп. и дата. Инв. № подл.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

возведении новых зданий, но также с успехом может быть использован и в различных реставрационных работах. Его используют при облицовке цоколей зданий, стен, заборов, для внутреннего дизайна.[8]

Здания из керамического кирпича могут быть построены в любой климатической зоне. Этот стройматериал легко выдерживает постоянное переохлаждение, обладает слабой теплопроводностью. Значительная экономия на отоплении и отсутствие проблем с эксплуатацией сооружений из керамического кирпича – это факт, доказанный на опыте строителей Якутии, Кольского полуострова, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов.

Керамический кирпич хорошо переносит систематическое увлажнение и используется для строительства фундаментов, цоколей, подвальных и полуподвальных помещений разного назначения. Также красный кирпич стоек к большим перепадам температуры и влажности окружающей среды. Его можно применять на стройках в южных районах, для которых характерна частая смена влажности (засухи и ливни), а также большие среднесуточные колебания температуры (пустынные районы).

О прочности и повышенной надежности керамического кирпича говорит тот факт, что из него возведен ряд основных объектов на Белоярской, Ленинградской, Балаковской АЭС, а также в закрытых городах: Челябинск-65, Свердловск Б-65, Арзамас-16.

Керамический кирпич нечувствителен к неблагоприятным техногенным воздействиям, к экологическим загрязнениям и является идеальным стройматериалом для заводских цехов, складов и других подобных сооружений.

Керамический кирпич экологически чист. Он создан на основе природной глины и не содержит химических соединений, чужеродных для природной среды и для организма человека. Он пригоден для строительства в тех зонах, где предъявляются особо жесткие требования к экологичности построек.

Внутренние несущие стены и перегородки, сложенные из керамического кирпича, обладают низкой звукопроводностью.

На них легко и прочно ложится штукатурка.

Прочность и дешевизна керамического кирпича превращают его в идеальный

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

стройматериал для заполнения несущих каркасов зданий. Строительный керамический кирпич пригоден для кладки печей и каминов – точнее, тех их мест, где не происходит его прямого соприкосновения с огнем. Там, где неизбежен контакт с открытым огнем, необходимо применить специальный огнеупорный кирпич. [10]

### 3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

При производстве керамического кирпича основным материалом является глина - пластичный материал. Глина представляет собой горную породу, состоящую преимущественно из глинообразующих минералов - слоистых алюмосиликатов. Они отличаются большим сродством к воде и могут давать в ней тончайшие взвеси вплоть до коллоидных, не меняя своей основы. В техническом аспекте глина - землистая горная порода, способная при затворении водой образовывать пластичное тесто, которое после сушки обладает некоторой прочностью, а после обжига приобретает камнеподобные свойства. [13]

Вещественный состав глины представлен глинистым веществом и примесями. Истинно глинистое вещество - наиболее дисперсная часть породы, оно состоит из комплекса глинообразующих минералов, придающих глине пластичность. Таких минералов сравнительно немного, и они довольно хорошо изучены. Все глинистые минералы обладают типичной слоистой структурой, похожей на структуру слюды.

При смешивании глины с водой последняя входит в межслоевые пространства глинистого минерала, и его слои получают возможность сдвигаться один относительно другого по водяной пленке и закрепляться в новом положении. Такая способность минералов объясняет важнейшее свойство глины - ее пластичность.

Керамический кирпич получается в результате обжига глины. Производство керамического кирпича — это сложный технологический процесс. В технологии

Интв. № подл	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Интв. № подл	Подп. и дата
Интв. № подл	Подп. и дата

производства керамического кирпича можно выделить следующие основные этапы:

1. добыча, усреднение, транспортировка глины;
2. подготовка добавок;
3. обработка глины и подготовка пластичной массы;
4. прессование кирпича из пластичных масс;
5. сушка кирпича-сырца;
6. обжиг кирпича сырца.

Добыча, усреднение, транспортировка глины.

Схема добычи и транспортировки глины показана на рисунке 3.1.

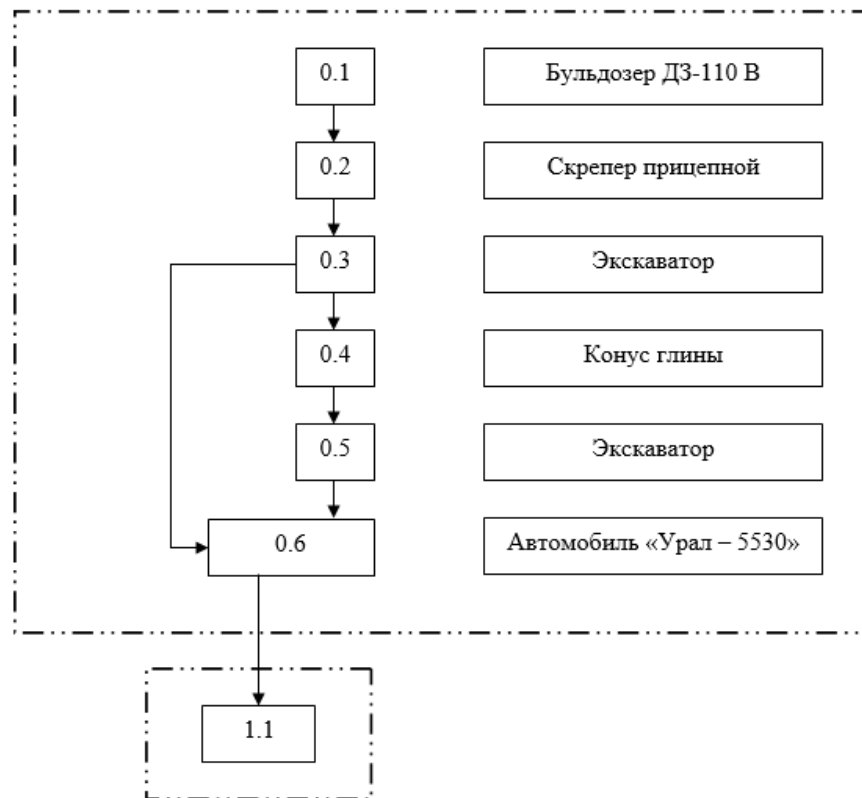


Рисунок 3.1 - Схема добычи и транспортировки глины

Добыча глины, ведется открытым способом, сначала производятся вскрышные работы, очистка полезной толщи от растительного слоя бульдозером ДЗ-110В, далее добывают с помощью экскаватора ЕК-400 глиняную массу и укладывают его в конус, в которых происходит хранение и вылеживание глиняной массы. После ее предварительного вылеживания с помощью экскаватора ЕК-400

Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № подл.		

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата



добывается глина из конусов. В процессе добычи глины в карьере она усредняется, т.е. делаются однородной по структуре.

После описанных выше операций глину из конусов транспортируют на производство с помощью автосамосвалов Урал 5530 и Урал 55571-30, после чего глинистое сырье подается на переработку, схема первичной переработки показана на рисунке 3.2, прием из автотранспорта происходит пластинчатым питателем СМК-351, далее глина пересыпается на ленточный конвейер. После конвейера глина попадает в глинорыхлитель СМК-225, где происходит переработка глины, прием глины из глинорыхлителя и подача в дезинтегратор СМК-359 через реверсивный ленточный конвейер СМК-402. В дезинтеграторе происходит измельчение глины до кусков не более 50 мм. Далее глина транспортируется с помощью ленточного конвейера, именно на этом этапе происходит добавка шихты для коричневого лицевого кирпича из специального бункера дозатора с вибратором.

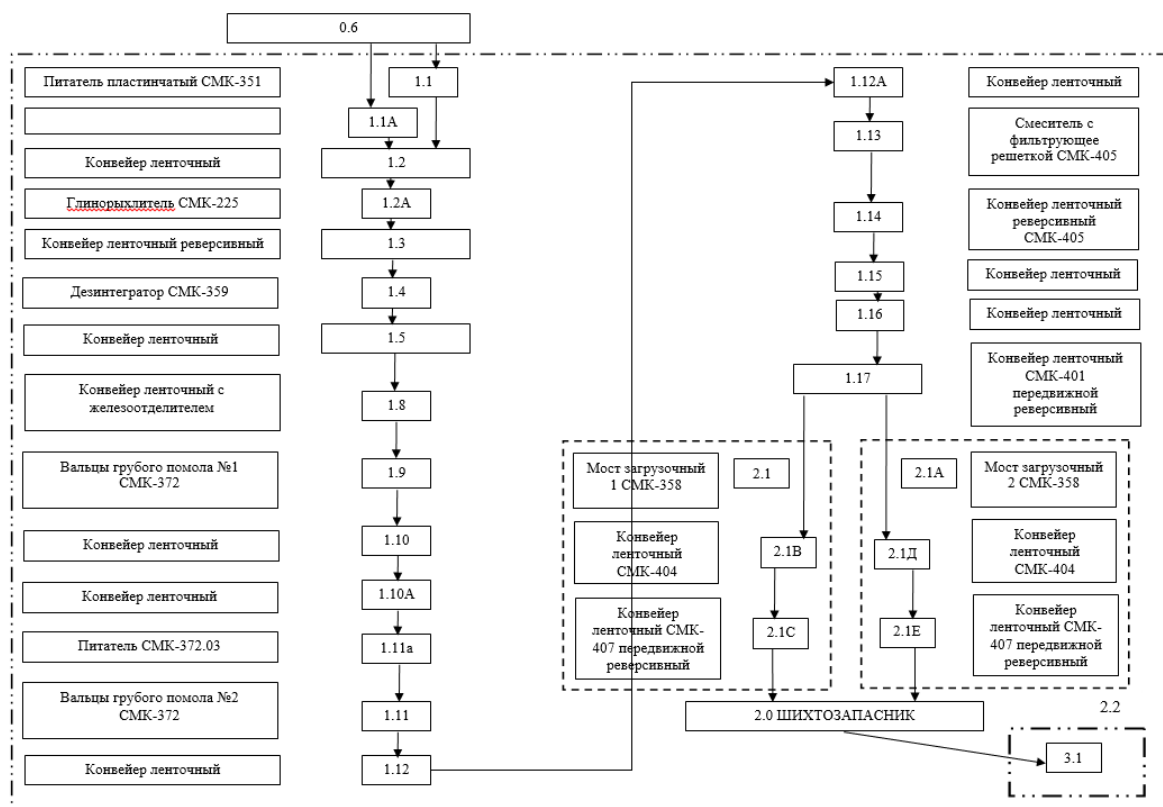


Рисунок 3.2 - Первичная переработка

Далее шихта проходит железо отделитель и поступает в валцы грубого помола СМК-372, где происходит измельчение глиняной массы до кусков размером не более 10 мм, отбор глиняной массы от валцов грубого помола с

Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
	Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № подл.	Лист	35

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист Изм. № докум. Подп. Дата

помощью ленточного конвейера СМК-403 на дозирующее устройство – СМК-372.03, для обеспечения равномерной загрузки валцов 2 помола СМК 372, где происходит измельчение глиняной массы до кусков размером не более 4 мм, прием глины на ленточный конвейер СМК-404.

С конвейера СМК-404 попадает в специальный смеситель с фильтрующей решеткой СМК-355, где происходит окончательная очистка от посторонних включений, рыхление, перемешивание и увлажнение шихты. Прием глиняной массы от смесителя через реверсивный ленточный конвейер СМК-405, далее на конвейер СМК-406, через передвижной реверсивный конвейер СМК-401 глиняная масса попадает на загрузочный мост СМК-358, с помощью которого происходит загрузка глиняной массы в шихтозапасник, где происходит хранение и вылеживание глиняной шихты.

Схема вторичной переработки формовки глины показана на рисунке 3.3.

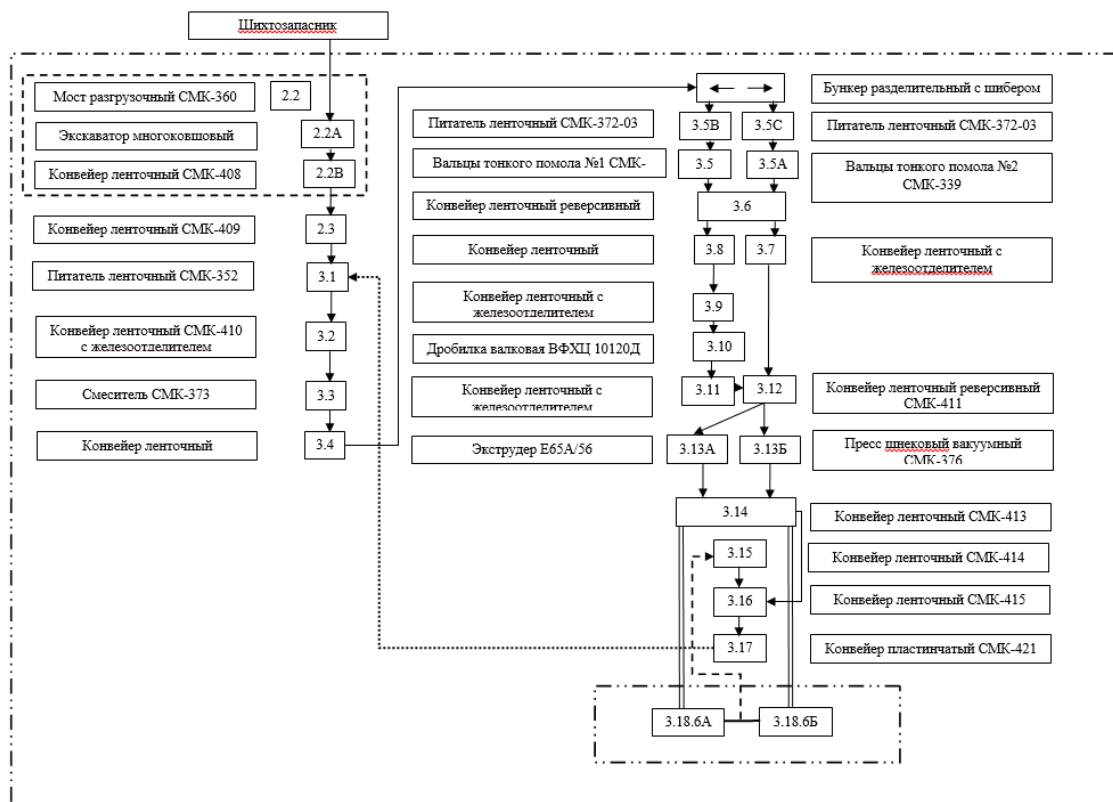


Рисунок 3.3 - Схема вторичной переработки формовки глины

Разгрузка шихтозапасника происходит с помощью разгрузочного моста СМК-360. Прием глиняной массы с разгрузочного моста и пересыпка в питатель ленточный СМК-409, далее с помощью ленточного питателя СМК-352, происходит равномерная загрузка глиномешалки СМК-373, где происходит перемешивание

Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
				Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Изм. инв. №

Изм. инв. №

Изм. инв. №

Изм. инв. №

Изм. инв. №

Подп. и дата

Подп. и дата

Подп. и дата

глиняной массы и отходов при формовании, при необходимости глиняную массу доувлажняют. Отбор глиняной массы из-под глиномешалки ленточным конвейером, и подача в разделительный бункер с шибером. После чего ленточным питателем СМК-372.03 обеспечивается равномерная загрузка вальцов тонкого помола СМК-339, где происходит тонкое измельчение глины. Выходящая из вальцов глиняная масса должна быть однородной по структуре. Зазор между валками: при работе на одних вальцах – 3,0мм, при работе на 2-х вальцах – 1,5 мм для пустотелого кирпича; 2,0 мм – для полнотелого кирпича и рядового с 6% пустот.

Прием глиняной массы из-под вальцов СМК-339 и пересыпка на реверсивный конвейер ленточный с железотделителем, после чего глиняная масса подается в смеситель прессы СМК-376, где происходит формирование из глиняной шихты бруса заданной формы и размеров.

Формование из глиняной шихты бруса заданной формы и размеров экструдером Е65А/56 со смесителем 1025Ф. Резка со снятием фаски и укладка кирпича-сырца на сушильную вагонетку с помощью многострунного резательного устройства швейцарской фирмы «FreymaticAG». После формирования и резки кирпича сырца его маркируют. На специальном ролике прикреплен фирменный знак завода, номер бригады, наносится на лицевую поверхность (тычок), маркируется не менее 5% изделий.

На рисунке 3.4 показана схема резки и транспортировки кирпича-сырца.

Инв. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

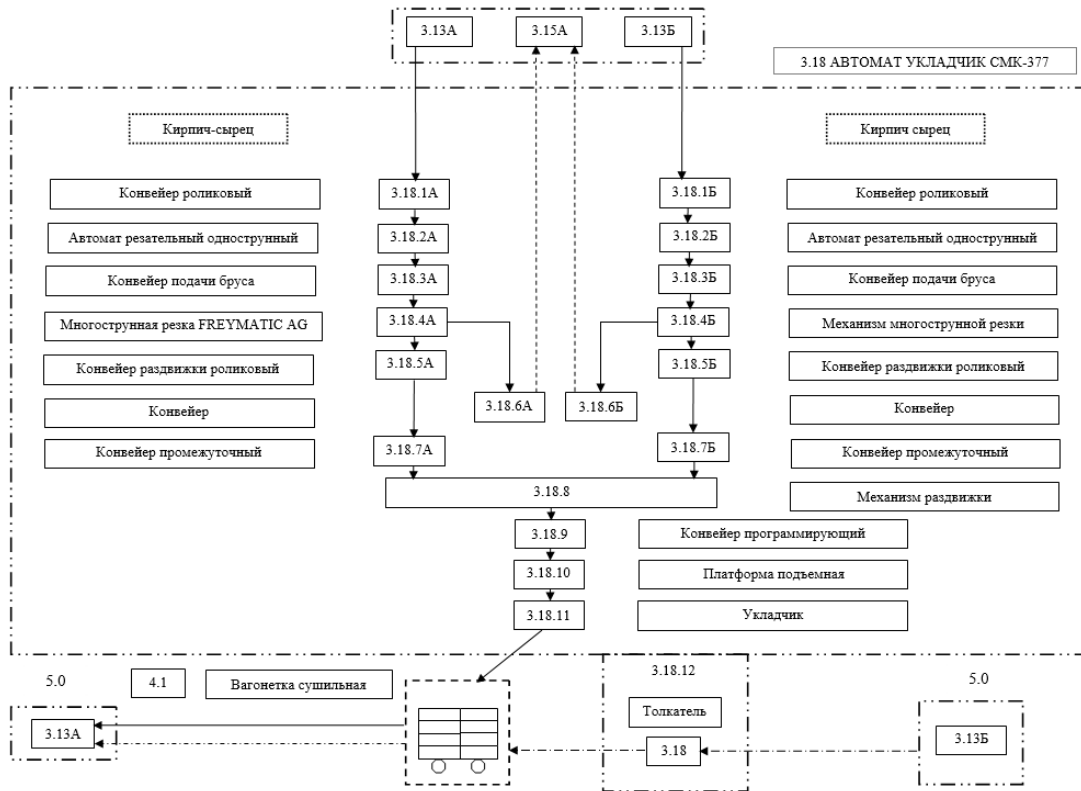
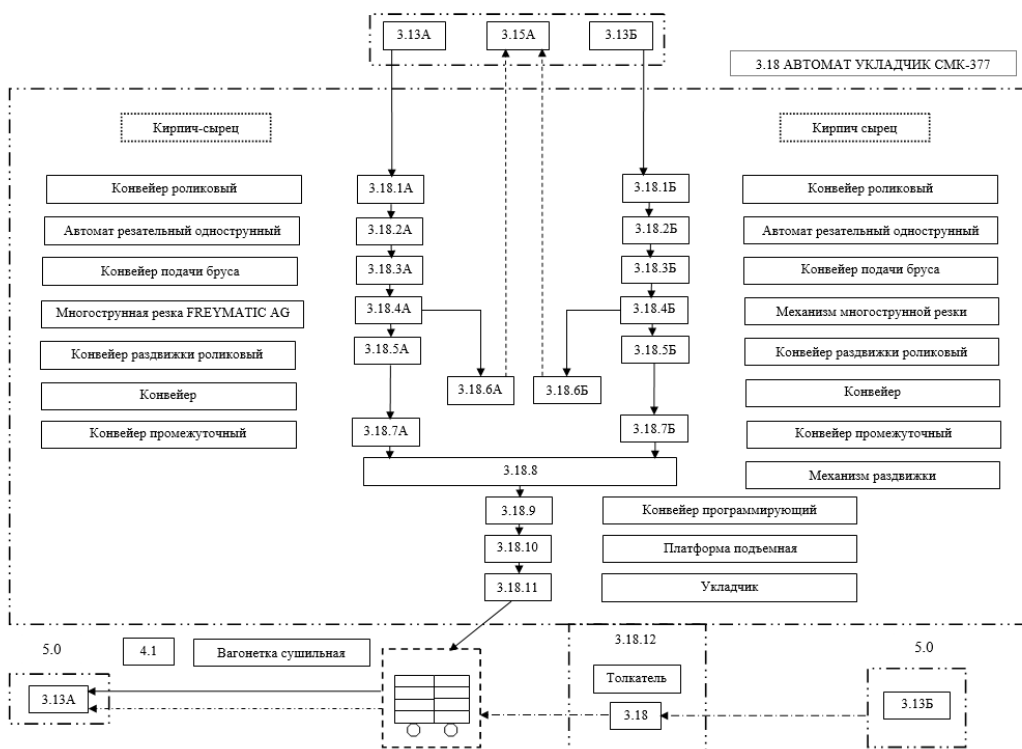


Рисунок 3.4 - Схема резки и транспортировки кирпича-сырца

Транспортировка кирпича сырца вагонеткой сушильной СМК-393, с помощью специальных цепных толкателей, в запасной туннель сушилки для сырых изделий. Транспортировка и проталкивание вагонеток с кирпичом-сырцом на рельсовые пути туннельной сушилки с помощью тележки передаточной СМК-381.



Ив. № подл.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Изм.	Подп. и дата
Лист	Дата

### Рисунок 3.5 - Схема формовки сушки

В туннеле сушилки происходит удаление механически связанной воды из кирпича-сырца путем испарения. Удаление химически связанной воды происходит при более высоких температурах - от 500° и выше. При этом керамическая масса безвозвратно теряет свои пластические свойства.

Анализируя процессы, происходящие при сушке материалов, необходимо отметить следующее:

1) содержащаяся в материале вода при температуре 80--90оС испаряется. В этом случае имеет место поверхностное испарение или так называемая внешняя диффузия влаги;

2) при испарении влаги с поверхности материала в окружающую среду влага из внутренних слоев изделия перемещается к его поверхности. Происходит так называемая внутренняя диффузия влаги.

Если в процессе сушки замерять температуры материала и окружающей среды, то обнаруживается, что температура изделия ниже температуры воздуха. Следовательно, во время сушки поверхность твердого тела, имеющего относительно низкую температуру, соприкасается с газом, нагретым до более высокой температуры. Между ними происходит теплообмен. Поэтому процесс сушки можно рассматривать как комплекс параллельно протекающих явлений:

- а) испарения влаги с поверхности материала;
- б) внутренних перемещений (диффузии) влаги в материале;
- в) теплообмена между материалом и окружающей газообразной средой.

При испарении влаги с поверхности изделий влажность поверхностных слоев по сравнению с внутренними слоями уменьшается и возникает так называемый перепад (градиент) влажности.

Внешним показателем процесса сушки является изменение веса материала во времени. Графическое изображение зависимости влажности материала от длительности сушки носит название кривой сушки. Характер кривой определяется влажностью и размерами изделия, способом его формования, а также температурой, влажностью и скоростью теплоносителя. Совокупность указанных факторов определяет режим сушки. Режимом сушки называется изменение

Инд. № подл.	
Подп. и дата	
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ



Если сушку проводят при малых перепадах температуры между полуфабрикатом и средой, малых скоростях и высокой влажности теплоносителя, то влажность полуфабриката медленно уменьшается от исходной, центр заготовки прогревается медленнее, чем поверхность. Это период прогрева полуфабриката.

На втором этапе (период постоянной скорости сушки) влажность заготовки меняется по линейному закону при постоянной температуре. После достижения критической влажности температура поверхности заготовки увеличивается, скорость сушки уменьшается, а влажность асимптотически приближается к равновесной. Температура в объеме полуфабриката растет медленнее, чем на поверхности. Этот период называется периодом падающей скорости сушки.

При сушке испарение воды происходит диффузионным путем. Движущей силой является разность парциальных давлений пара у поверхности и в объеме теплоносителя. Уменьшение влажности во внешних слоях заготовки сопровождается появлением градиента влажности в ее объеме, что вызывает диффузию капельножидкой воды из объема заготовки к поверхности.

Величины критической влажности и усадки зависят от режима сушки. Наибольшую усадку имеют заготовки, высушенные в равновесных условиях. Чем выше температура и ниже влажность теплоносителя, тем меньше усадка. Рост градиента влажности в объеме заготовки увеличивает разницу между фактической и максимально возможной усадками. Эта разница (недопущенная усадка) вызывает появление механического напряжения. Если последнее превысит предел прочности материала, то в теле заготовки образуется трещина. Причиной появления трещин в период постоянной скорости сушки полуфабриката является перепад влажности между наружными и внутренними частями заготовки.

Кирпич - сырец содержит влагу. Сушку кирпича-сырца проводят в туннельной сушилке. Камерные сушилки характеризуются переменным режимом сушки. Для сушки могут использоваться также туннельные сушилки. Кирпич-сырец поступает на сушку в туннельное сушило. Для сушки используется горячий воздух из туннельной печи, атмосферный воздух и рециркулят, а также дымовые газы из топки. Отработанный теплоноситель после очистки поступает в атмосферу. Для нормального протекания процесса сушки сырца, т. е. для того, чтобы изделия

Инд. № подл.	
Подп. и дата	
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

высыхали с максимальной равномерностью и без деформаций при минимальном расходе топлива и в минимальный срок, необходимо создать условия для интенсивной влагоотдачи с единицы поверхности изделия.

Выгрузка вагонеток с высушенным кирпичом-сырцом из сушилки, транспортировка и подача их в зону действия толкателя СМК-384.02 или в запасной туннель для сухого кирпича, оборудованный толкателем СМК-383.01. Далее происходит прием вагонеток с передаточной тележки и подача их в запасной туннель для сухих изделий, либо выгрузка вагонеток с сухим кирпичом из запасного туннеля.

Вагонетки с передаточной тележки подаются в зону действия толкателя автомата-разгрузчика СМК-379. Пересадка высушенного кирпича на печные вагонетки с помощью автомата-садчика СМК-382, то есть происходит прием высушенного кирпича от разгрузочного устройства, сплачивание кирпича в продольном и поперечном направлении, разделение сплоченного пакета изделий на ряды и распределение их по двум линиям программирующего конвейера, комплектование слоя (карты) кирпичей с заданными зазорами, перенос и укладка скомплектованных слоев на печную вагонетку, формирование пакетов кирпича на печных вагонетках. Прием высушенного кирпича от автомата-разгрузчика. Сплачивание кирпича в поперечном направлении с разделением по заданной схеме, распределение по двум линиям программирующего конвейера. Перенос и укладка скомплектованных рядов на печную вагонетку с формированием пакетов.

Транспортировка вагонеток с высушенным кирпичом на обжиг толкателем гидравлическим СМК-396.03 и перемещение вагонеток от гидравлического толкателя в предпечь цепным толкателем СМК-391-02. Перемещение вагонеток с сухим кирпичом-сырцом в предпечи происходит за счет цепного толкателя СМК-391.05.

В предпечи происходит создание запаса высушенного кирпича-сырца для обеспечения бесперебойной работы туннельной печи. Передаточной тележкой СМК-389.01 извлекаются вагонетки с кирпичом-сырцом из предпечи,

Инв. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
Инв. № дубл.	Подп. и дата
	Инв. № подл



транспортируются и подаются их в зону действия гидравлического толкателяСМК-387.01 туннельной печи. На рисунке 3.5 показана схема садки кирпича в предпечь.

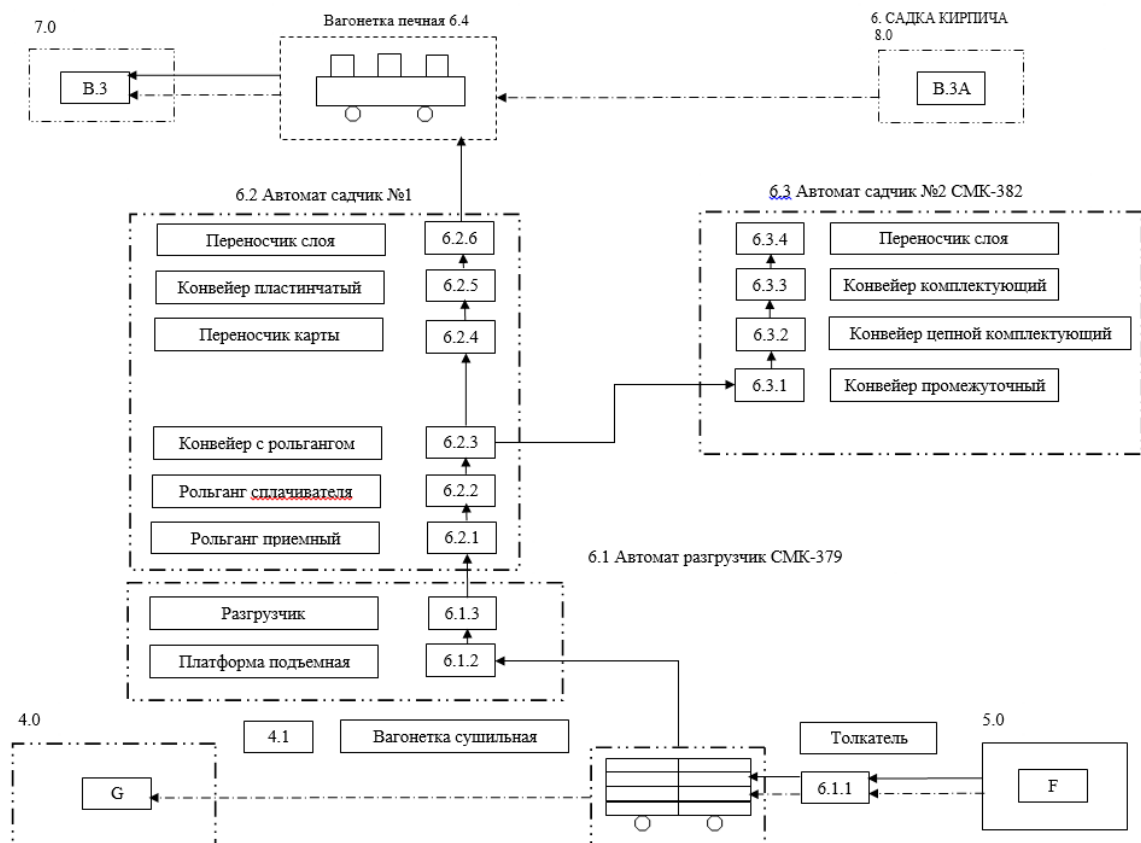


Рисунок 3.6 - Схема садки кирпича в предпечь

В туннельной печи происходит высокотемпературная обработка сухого кирпича-сырца, в результате которой он превращается в камнеподобное тело. Управление процессом обжига производится управляющей вычислительной машиной. В программу процессора закладываются значения следующих параметров:

- Температура дымовых газов
- Температура в зоне подогрева –  $t$  в зоне обжига (на каждой горелочной группе)
- Температура в зоне скоростного охлаждения
- давления (разрежения) в обжиговом канале.

Температура дымовых газов в зоне подогрева регулируется количеством отбираемых дымовых газов дымососом.  $t$  на горелочных группах обжига регулируется изменением количества подачи газа и воздуха на горение. Температура в зоне скоростного охлаждения регулируется количеством подаваемого на охлаждение воздуха.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Ив. № инв.	Подп. и дата
Лист	Изм.
№ докум.	Подп.
Дата	

Температура в зоне остывания регулируется изменением количества подаваемого воздуха на охлаждение вентиляторами противодействия

Помимо этого, в программу закладывается интервал, в котором данный параметр может находиться, а также max и min; для аварийной сигнализации.

Все двигатели вентиляторов не имеют пультов местного управления дистанционно с ЦПУ. Горелки имеют пульт местного управления и могут быть включены как с местного пульта, так и дистанционно с ЦПУ.

В случае срабатывания I горелки в результате аварии на ЦПУ поступает аварийный сигнал. Все параметры состояния печи отображаются на приборах щита управления при управлении в дистанционном режиме и на экране видеоконтрольного устройства.

Опишем процесс обжига кирпича сырца.

Обжигом называется высокотемпературная обработка кирпича-сырца, в результате которого он превращается в камнеподобный материал. Обжиг проводят в туннельных или кольцевых печах. При температуре до 150 градусов происходит досушка кирпича. При температурах 150-800 градусов кирпич теряет пластические свойства и из него удаляется вода, выгорают органические добавки. В интервале 300-1000 градусов происходит разложение карбонатов.

Обжиг проводят в туннельной печи при температуре 1000 о С. В качестве теплоносителя используются продукты сгорания газа. При обжиге за счет удаления влаги и сближения в результате этого частиц, вследствие фазовых и химических превращений, частичного получения жидкой фазы протекают структурообразующие процессы. Из печи забирается горячий воздух на сушку в туннельное сушило, а отработанные дымовые газы после очистки выбрасываются в атмосферу.

Процесс обжига изделий строительной керамики может быть условно разделен на четыре периода:

- 1) подогрев до 200°C и досушка - удаление физической воды из глины;
- 2) дальнейший нагрев до 700°C и удаление химически связанной воды из глины;
- 3) нагрев до температуры обжига 980-1000°C - созревание черепа;

Инд. № подл.	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------

Лист	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ				Лист
Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		44

4) медленное охлаждение до 500°C и быстрое от 500 до 50°C обожженных изделий.

Такое производственное деление на периоды не вскрывает сущности реакций в глине при обжиге. При производственном обжиге глины никогда не достигается термодинамическое равновесие.

Можно отметить шесть главных видов реакций, протекающих в рядовых глинах при обжиге:

- 1) выделение гигроскопической воды из глинистых минералов и воды из аллофаноидов, если таковые присутствуют в глине;
- 2) окисление органических примесей;
- 3) выделение конституционной воды, т. е. дегидратация глинистых минералов и реакции в так называемых твердых фазах;
- 4) жидкофазные реакции и образование стекловидного расплава;
- 5) образование новых кристаллических фаз;
- 6) реакции декарбонизации и десульфуризации.

Первая группа реакций характеризуется небольшим эндоэффектом, при котором образуется водяной пар, давлением которого может разорвать изделие («лопанец») при слишком быстром подъеме температуры. Эта реакция сопровождается падением теплопроводности глины.

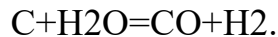
Вторая группа реакций - окисление органических примесей - характеризуется экзоэффектом при 300 - 400°C. Часть этих примесей может остаться (при быстром подъеме температуры и недостаточном притоке и диффузии в толщу изделия кислорода воздуха) невыгоревшей, что обнаруживается по темной сердцевине в изломе изделия. При замедленном выгорании может произойти графитизация части углерода. Так как причиной ограничения действия кислорода воздуха на процесс выгорания углерода в глине выступает противоток CO и CO<sub>2</sub>, то при более быстром подъеме температуры влияние окислительной среды должно сокращаться, а влияние внутренней восстановительной среды -- увеличиваться, что зависит от пористости и размеров изделия и от концентрации углерода.

Инт. № подл.	Инт. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Глинистые минералы в процессе своей дегидратации действуют каталитически, содействуя горению углерода в глине, а выделяющаяся вода способствует выгоранию углерода по реакции:



Наряду с этим может протекать отложение углерода в глине из газовой среды, содержащей 1-3% CO при 400 и выше 1000°C.

Скорость выгорания топлива по мере повышения температуры увеличивается, но только до стадии появления жидкой фазы в обжигаемой глине, после чего скорость выгорания резко снижается из-за ухудшения диффузии кислорода воздуха. Максимальное значение скорости выгорания топлива имеет место примерно при 780 - 800°C. Поэтому рекомендуется осуществлять выдержку в этом этапе обжига.

Третья группа реакций - дегидратация глинистых минералов - характеризуется эндоэффектом, который растягивается с 500 (450) до 600°C (700°C), а у некоторых каолиновых глин - до 900°C и также сопровождается падением теплопроводности.

Эндотермическая реакция, начинающаяся около 500°C и оканчивающаяся около 700°C, заключается в удалении из каолинита химически связанной (гидратной) воды:



Продукты разложения составляющих глины и керамические массы минералов ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$  и др. окислы) в процессе обжига взаимодействуют между собой при высоких температурах (1000°C и выше) и образуют легкоплавкие силикаты, плавление которых вызывает спекание и размягчение глин. Степень спекания глинистых материалов зависит от температуры и длительности обжига, от состава глинистого сырья, газовой среды, рода и количества плавней, а также от способа формования изделий.

Не менее важную роль играет и газовая среда в печи, которая влияет на процессы, протекающие при формировании черепка, и поэтому она также должна регламентироваться режимом обжига. Эта среда может быть окислительной, нейтральной и восстановительной.

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

46

Инв. № подл.	Подп. и дата
	Взам. инв. №
Инв. № дубл.	Подп. и дата
	Инв. № подл.
Лист	Изм.
	№ докум.
Дата	Подп.
	Дата

Образование жидкой (стекловидной) фазы в гидрослюдистых глинах начинается по крайней мере с 700°C, но заметное развитие эти фазы получают лишь при температурах на 150-200°C выше. Появление стеклофазы содействует дальнейшему растворению в ней некоторой части минеральных составляющих глины и новому минералообразованию. Стеклофаза обеспечивает спекание и образование черепа. С физической стороны действие стеклофазы характеризуется усадкой изделия. В зависимости от степени развития стеклофазы, что регулируется выдержкой и созреванием черепа, можно сообщить ему ту или иную плотность (пористость). Именно в этом процессе и состоят операции выдержек –обжиг и начало охлаждения, которые необходимо осуществлять: обжиг - в пределах температур 980-1000°C и охлаждение - до 800°C, а также длительностей для получения кирпича должного качества - ярко-красного (не алого) по цвету и звонкого при ударе. Кроме того, выдержка необходима для выравнивания температурного поля в печи.

Охлаждение обожженных изделий - не менее ответственная операция. При 800 - 780°C череп изделия строительной керамики находится в пиропластическом состоянии и переходит в твердое состояние, поэтому необходимо замедлять охлаждение во избежание появления напряжений, которые могут разрядиться местными разрывами (трещинами). Считают опасным также участок 650- 500°C в связи с обратимым превращением  $\alpha$ - $\beta$ -кварц.

Спекание материала - существенный момент процесса обжига, так как к этому времени заканчивается формирование керамического изделия. Окончание спекания изделия характеризуется прекращением его усадки. Условными показателями спекшегося материала являются его водопоглощение.

Спекаемость глины зависит от содержания в ней плавней и степени их дисперсности. На процесс формирования керамического черепка влияют: химический и гранулометрический состав сырья, соотношение компонентов в массе, а также температурно-газовый режим обжига.

Образующиеся в процессе обжига глин и керамических масс легкоплавкие соединения проявляют себя двояким образом. Во-первых, они действуют химически, растворяя частицы минералов, образуя жидкую фазу и выделяя из

Интв. № подл.	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

раствора новые, более устойчивые минералообразования, именуемые эвтектическими смесями. Во-вторых, они действуют физически, благодаря своей энергии поверхностного натяжения, сближая и уплотняя твердые частицы глины.

Обжиг изделий грубой строительной керамики ведется до появления минимального количества легкоплавких соединений, которые связывают дегидратированные частицы глинообразующих минералов и зерна кварца, что и обеспечивает достаточную механическую прочность изделий.

Большое значение имеет подбор температурного режима обжига. Он должен быть таким, чтобы реакции дегидратации, декарбонизации, окисления и восстановления отдельных компонентов, составляющих глину, не налагались бы на реакции образования легкоплавких эвтектик. Эти реакции должны следовать одна за другой, но практически, вследствие сложного состава керамических масс, образование жидких соединений начинается обычно ранее, чем закончатся декарбонизация, окисление и т. д.

Температурный режим при выдержке и охлаждении определяется главным образом видом, формой и размерами изделий, а также температурным интервалом модификационных превращений в материале. На рисунке 3.6 показан режим обжига кирпича. На рисунке 3.7 показана технологическая схема обжига кирпича.

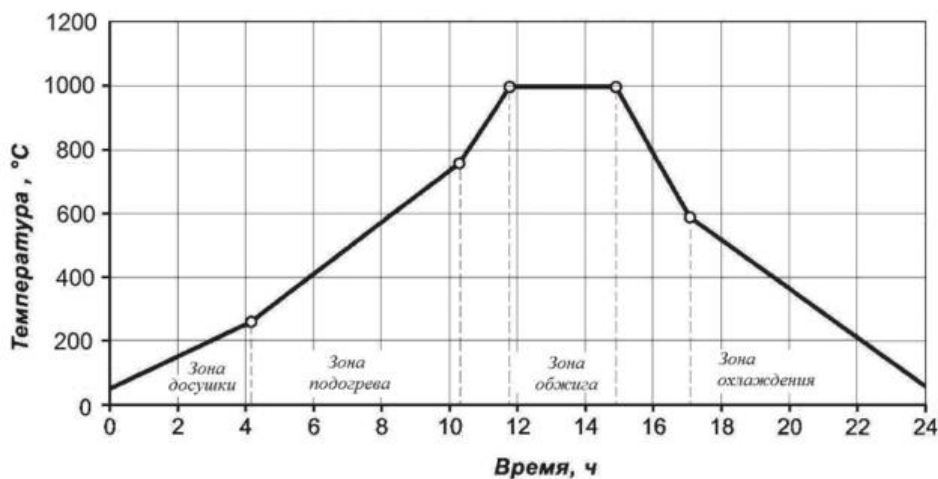
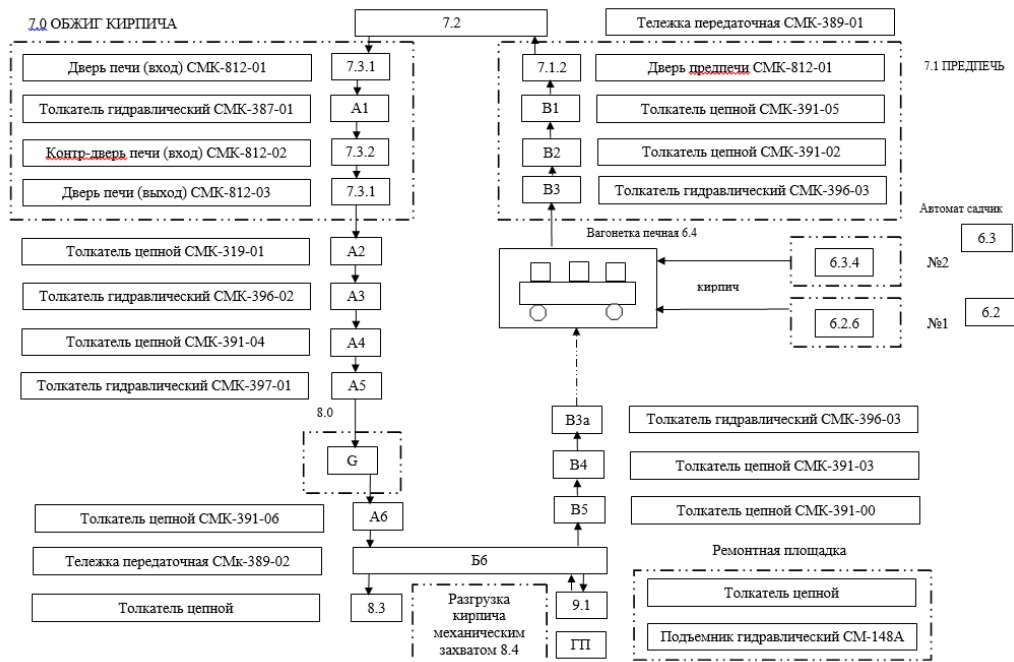


Рисунок 3.7 - Режим обжига кирпича

Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № подл.		

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата



Рисунке 3.8 - Схема обжига кирпича

Выгрузка вагонеток из печи и подача их в зоны действия толкателя гидравлического СМК-396.02 и транспортировка вагонеток с обожженным кирпичом цепным толкателем СМК-391.01 в зону действия толкателя СМК-396.02. Далее посредством толкателей разного рода вагонетки подаются на разгрузку к пакетировщику, где происходит разгрузка кирпича с обжигowych вагонеток, укладка его на поддоны размером 1000×1000мм, упаковка поддона с кирпичом полиэтиленом. На рисунке 3.7 показана схема разгрузки и упаковки кирпича.

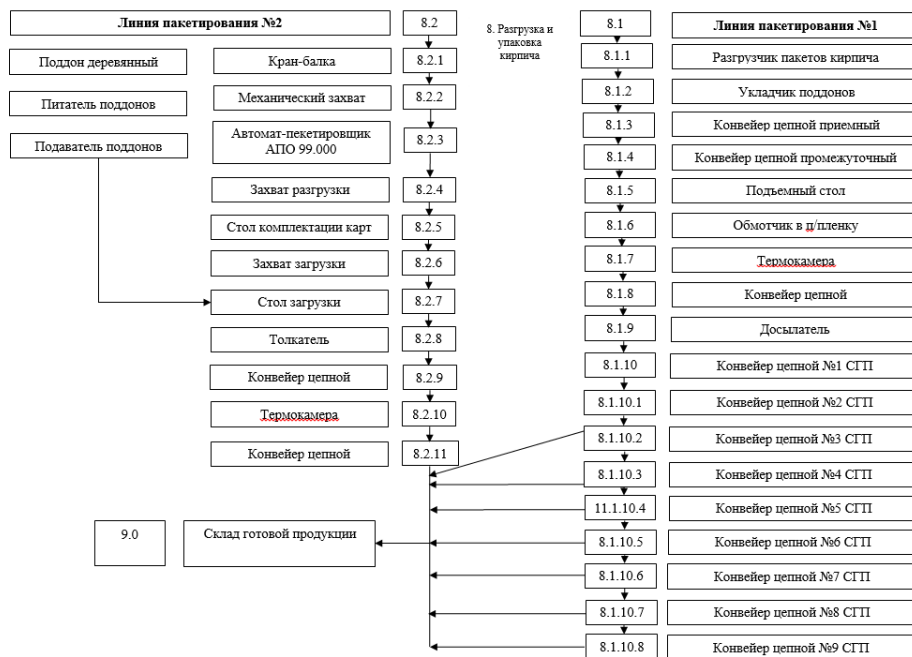


Рисунок 3.9 - Схема разгрузки и упаковки кирпича

Полп. и дата  
Взам. инв. №  
Инв. № дубл.  
Полп. и дата  
Инв. № подл.

Лис	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

По причине того, что глиняная смесь из конусов поступает с относительной влажностью 10-24% на этапе первичной обработки возможна замена вальцов грубого №1 и №2 и сопутствующие транспортные средства на бегуны мокрого помола.

В данной работе будет рассмотрена оптимизация первичной переработки глинистого сырья.

## 4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКА ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ И СЕКЦИОННОГО ШИХТОЗАПАСНИКА

### 4.1 Расчёт глинорыхлителей

#### СМК-225

Технические характеристики

1. Производительность- 100 м<sup>3</sup>/ч

2. Мощность двигателя – 45кВт

3. Габаритные размеры: -

длина – 5800 мм

- ширина – 2400 мм

- высота – 1500 мм

1. Определение геометрических соотношений

а) проекция лопасти на ось X

$$a = \frac{H}{\operatorname{tg}\alpha} \text{ м,} \quad (4.1)$$

где H – проекция лопасти на ось Y, м;  $\alpha$  – угол наклона лопасти, град.

б) проекция лопасти на ось Y

$$H = L \cdot \sin\alpha, \text{ м} \quad (4.2)$$

где L – длина лопасти, м.

в) коэффициент отношений проекций

$$h = 0,20 \cdot \sin 30 = 0,1 \text{ м} \quad (4.3)$$

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	



$$a = \frac{0,1}{\text{tag}30} = 0,17 \text{ м} \quad (4.4)$$

$$k = \frac{H}{h_0}, \quad (4.5)$$

где  $h_0$  – зазор между ножами крыльчатки и решетками чаши, м.

г) определение «критического» сечения

$$k = \frac{0,1}{0,005} = 20 \quad (4.6)$$

$$h_1 = \frac{2h_0 \cdot (1+k)}{2+k} \quad (4.7)$$

$$X_{h_1} = \frac{h_1 - h_0}{\text{tg}\alpha} \quad (4.8)$$

$$h_1 = \frac{2 \cdot 0,005 \cdot (1+20)}{2+20} = 0,0095 \quad (4.9)$$

$$X_{h_1} = \frac{0,0095 - 0,005}{0,577} = 0,008 \quad (4.10)$$

## 2. Определение максимального давления в «критическом» сечении

$$P = \frac{6\mu_{\text{эф}} \cdot v \cdot a}{k \cdot h_0^2} \left( \frac{a}{a+k \cdot X_{h_1}} - \frac{1}{2+k} - \frac{(1+k) \cdot a^2}{(2+k) \cdot (a+k \cdot X_{h_1})^2} \right), \quad (4.11)$$

где  $\mu_{\text{эф}}$  – эффективное значение вязкости Па·с,  $\mu_{\text{эф}}=0,01$  Па·с;  $v$  – окружная скорость лопасти, м/с

$$v = \omega \cdot R, \quad (4.12)$$

где  $R$  – радиус внешней кромки лопасти, м;  $\omega$  – угловая скорость лопасти, рад/с

$$v = 0,65 \cdot 1 = 0,65 \quad (4.13)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № дубл.	Взам. инв. №				
Инв. № подл.	Подп. и дата				
<p>08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ</p>					Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	51



7. Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание глины

$$N_3 = \frac{\beta \cdot \omega}{20,4 \cdot 10^3} \cdot \left( b \cdot (R^2 - r_1^2) + b_1 \cdot (r_1^2 - r_2^2) \right), \quad (4.23)$$

где  $\beta$  – коэффициент сопротивления движения лопасти в глиняной массе, Н/м<sup>2</sup>;  $b_1$  – ширина кронштейна, м;  $r_1$  – радиус внутренней кромки лопасти, м;  $r_2$  – радиус вала, м,  $r_2=0,225$  м.

$$N_3 = \frac{6,4 \cdot 10^4 \cdot 0,65}{20,4 \cdot 10^3} \cdot \left( 0,47 \cdot (1^2 - 0,9^2) + 0,24 \cdot (0,9^2 - 0,225^2) \right) = 0,55 \text{ кВт} \quad (4.24)$$

8. Определение мощности двигателя глинорыхлителя

$$N_{\text{дв}} = \frac{z \cdot (N_1 + N_2 + N_3)}{\eta} \quad (4.25)$$

где  $z$  – число лопастей;  $\eta$  – КПД двигателя,  $\eta=0,8$ .

$$N_{\text{дв}} = \frac{3 \cdot (0,024 + 0,02 + 0,55)}{0,84} = 2,23 \text{ кВт} \quad (4.26)$$

Описание работы глинорыхлителя СМК-225.

Глинорыхлитель СМК-225 предназначен для измельчения крупных и мерзлых комьев глины и состоит из двух валов, установленных на опорах в сварном корпусе, синхронизатора, привода и рамы. В состав привода входят электродвигатель, кли-норемная передача и стандартный редуктор, выходной вал которого при помощи зубчатой муфты с предохранительным устройством связан с быстроходным валом синхронизатора. Двухступенчатый синхронизатор предназначен для передачи момента крутящего от привода к двум валам глинорыхлителя. В корпусе синхронизатора на опорах расположен вал-шестерня и два зубчатых колеса. На консольных концах трех валов синхронизатора установлены три зубчатые полумуфты, две из которых связаны с валами глинорыхлителя.

Основными рабочими органами глинорыхлителя являются валы трубчатого сечения, к которым с шагом 325 мм приварены восемь дисков. Каждый диск имеет

Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв.	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата			

пять гнезд для установки и крепления бил, которые могут быть установлены и сняты без демонтажа вала. Рабочие поверхности бил упрочнены.

Глинорыхлитель является машиной периодического действия и включается в работу после загрузки в его бункер порции глины. Глина, подлежащая переработке, подается транспортными средствами (например, самосвалом) в приемный бункер, попадает на вращающиеся навстречу валы и разрыхляется под действием бил в процессе продавливания между валами. Налипшая на валы глина срезается очистными устройствами. При размещении глинорыхлителя в технологической линии на его бункере устанавливается приемный короб объемом 15 м<sup>3</sup>, а в бункере — обрушающие устройства различной конструкции для предотвращения образования свода глины над билными валами.

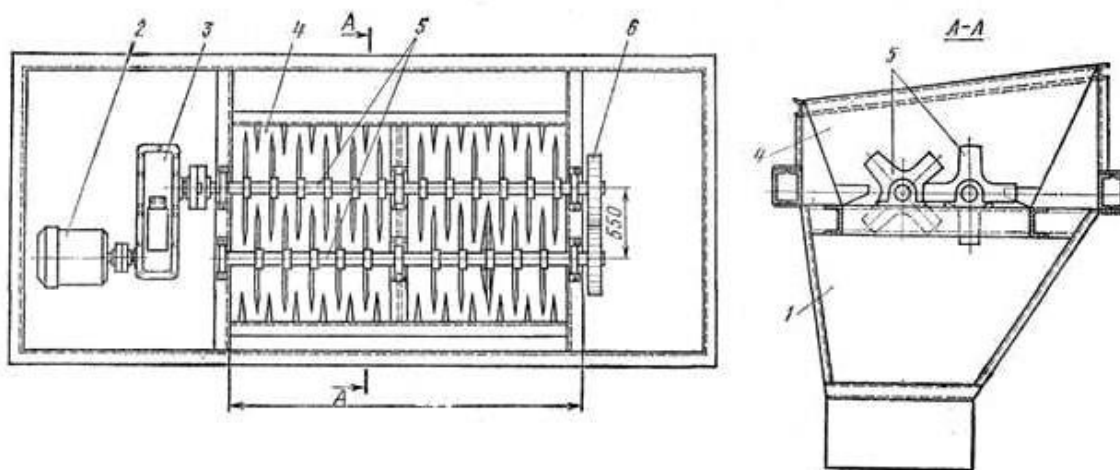


Рисунок 4.1 - глинорыхлитель СМК-225

#### 4.2 Технологическое оборудование, применяемое на технологической линии

- Конвейер ленточный реверсивный СМК-402 используются для транспортировки

глины

Технические характеристики СМК-402

1. Производительность до 100 т/ч
2. Скорость движения ленты – 1 м/с
3. Ширина ленты – 800 мм
4. Установленная мощность - 2,2 кВт
5. Масса – 813 кг

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

54

Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инва. № подл.		
Лист	Изм.	№ докум.
	Подп.	Дата

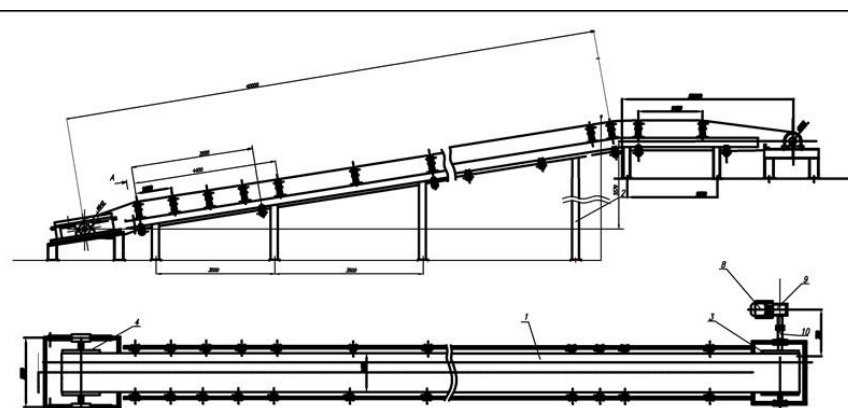


Рисунок 4.2 - Конвейер ленточный реверсивный SMK-402

- Дезинтегратор SMK-359 используются для переработки сырья

Дезинтегратор является оборудованием для физико-механической обработки материалов и представляет собой помольно- смешивающий агрегат.

Технические характеристики :Дезинтегратор SMK-359

1. Производительность до 100 т/час
2. Диаметр валков—480 мм
3. Длина валков—1490 мм
4. Частота вращения валков:
  - быстроходного-42об/мин
  - тихоходного-26об/мин
5. Установленная мощность – 75кВт
6. Габаритные размеры:
  - длина – 3960 мм
  - ширина – 3275 мм
  - высота – 2620 мм
7. Масса 12000 кг

Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № дубл.	Взам. инв. №
Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № подл.	Изм.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

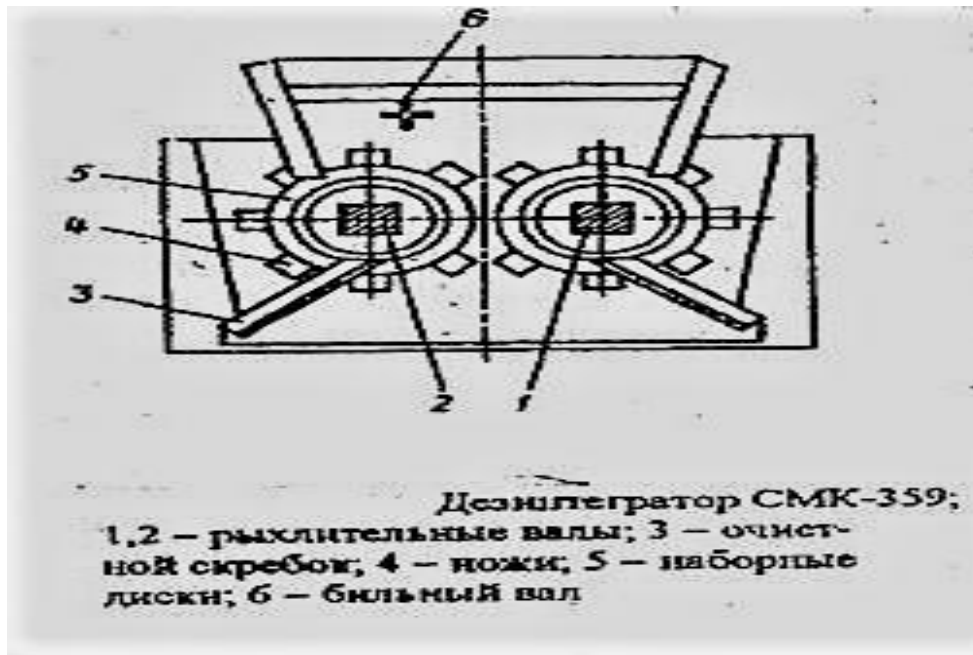


Рисунок 4.3 - Дезинтегратор СМК-359



Рисунок 4.4 - Кинематическая схема дезинтегратора СМК-359

- Конвейер ленточный (транспортировка глины)

Технические характеристики ленточного конвейера

1. Производительность до 100 т/ч
2. Скорость транспортирования – 1 м/с
3. Ширина – 800 мм
4. Угол наклона - 30°
5. Установленная мощность – 5,5 кВт
6. Габаритные размеры:  
 - длина – 10500 мм

Ив. № подл.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

- ширина – 2045 мм

- высота – 635 мм

- Вальцы с гладкими валками СМК-372 используются для переработки глины на вальцах грубого помола №1

Вальцы грубого помола СМК – 372 для камневыведения с ребристым валком предназначены для грубого помола глины и выделения каменистых включений. Вальцы состоят из гладкого валка, ребристого валка, привода гладкого валка и ребристого валка, рамы, устройства для защиты вальцов от перегрузки, для очистки гладкого и ребристого вальцов. Валки вращаются навстречу друг другу. Зазор между ними регулируется перемещением гладкого валка в направляющих рамы.

Для защиты вальцов от перегрузки применены пружины сжатия, для очистки гладкого валка - скребки, тяги рычажной системы плоскопараллельного перемещения которые соединены с подпружиненными тягами. Ребристый валок очищается поджимаемой к нему плоской щеткой. Допускаемый максимальный размер поступающих в вальцы кусков глины имитируется размером кусков глины после прохождения глинорыхлителя. Влажность глины поступающей в вальцы не должна превышать 25%.

#### Технические характеристики

1. Производительность до 100м<sup>3</sup>/час

2. Диаметр валков 1400мм

3. Длина валков 900 мм

4. Частота вращения валков:

- тихоходного - 160 об/мин

- быстроходного - 225 об/мин

5. Мощность привода:

- тихоходного вала- 90 кВт

- быстроходного – 160 кВт

- насосной станции – 1,5 кВт

- шлифованного устройства 38 кВт

Интв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Интв. № подл	Подп. и дата						
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ	Лист	
						57	

- регулировка зазора – 0,28 кВт

- Конвейер ленточный(транспортировка глины)

#### Технические характеристики

- 1.Производительность до 100 т/час
2. Скорость транспортирования 1,0 м/с
3. Ширина ленты 800 мм
4. Угол наклона - 14°
5. Высота подъема до 800 мм
6. Установленная мощность 5,5 кВт
7. Габаритные размеры:
  - длина – 15847 мм
  - ширина – 2045 мм
  - высота – 635 мм

- Конвейер ленточный СМК-403(транспортировка глины)

#### Технические характеристики

- 1.Производительность до 100 т/час
2. Скорость движения ленты – 1,0 м/с
3. Ширина ленты – 800 мм
4. Расстояние между осями барабана – 12 м
5. Установленная мощность – 3 кВт
6. Угол наклона - 10°
7. Габаритные размеры:
  - длина – 12690 мм
  - ширина – 1450 мм
  - высота – 710 мм

- Питатель СМК-372.03 (дозировка глины)

Питатель СМК 372 применяется при наличии в линии оборудования помольных валцов с широким бандажом, для который необходима непрерывная и равномерная подача сырья.

Инт. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Инт. № подл	Подп. и дата						
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ		Лист
							58





2. Диаметр валков – 1400 мм
3. Длина валков – 900 мм
4. Частота вращения валков:
  - тихоходного –160об/мин
  - быстроходного –225об/мин –
5. Мощность привода:
  - тихоходного вала 90кВт
  - быстроходного 160кВт
  - регулировки зазора 0,28 кВт
  - насосной станции 1,5кВт
  - шлифованного устройства – 39 кВт
  - общая – 326,64 кВт
6. Габаритные размеры:
  - длина – 8000 мм
  - ширина – 5700 мм
  - высота – 4100 мм
7. Масса (общая)–42000кг

- Прием глины из под вальцев №2 СМК-372 для транспортировки шихты осуществляется ленточным конвейером

#### Технические характеристики

1. Производительность до 100 т/ч
2. Скорость транспортирования – 1,0 м/с
3. Ширина ленты – 800 мм
4. Угол наклона 20°
5. Высота подъема до 8000 мм
6. Установленная мощность – 5,5 кВт
7. Габаритные размеры: -
  - длина – 28004 мм
  - ширина – 2045 мм
  - высота – 635 мм

Инд. № подл	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
					08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	60

- Конвейер ленточный СМК-404 для транспортировки шихты

#### Технические характеристики СМК-404

1. Производительность до 100 т/ч
2. Ширина ленты – 800 мм
3. Угол наклона - 16°
4. Скорость движения ленты 1 м/с
5. Установленная мощность 3 кВт
6. Габаритные размеры: -  
длина – 10190 мм  
- ширина – 1450 мм  
- высота – 610 мм
7. Масса – 1200 кг

- Смеситель с фильтрующей решеткой СМК-355 (приготовление глиняного теста в смесителе с фильтрующей решеткой)

Смеситель с фильтрующей решеткой СМК – 355 состоит из корпуса, двух валов, протирачной головки с фильтрующей решеткой, привода и электрооборудования. В нижней части корпуса имеется устройство из накладных листов, которое служит для подачи и распределения пара в зоне перемешивания массы. Валы смесителя вращаются друг на встречу друга. На одной части каждого вала расположены лопасти, а на другой шнеки, имеющие диаметральный разъем. Шихта через загрузочное отверстие в крышке попадает в закрытую полость смесителя, где перемешивается и перемещается к фильтрующей решетке. При помощи шнеков масса продавливается через отверстия в решетке.

#### Технические характеристики СМК-355

1. Производительность до 100 т/ч
2. Диаметр шнеков – 730 мм
3. Диаметр описываемой лопатками – 730 мм
4. Расстояние между осями валов – 537 мм
5. Частота вращения валов – 25,7 об/мин
6. Размер отверстий в фильтрующих решетках 50×183 мм

Инвар. №	Инвар. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Инвар. № подл.	Инвар. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
				08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ					
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата					Лист
									61

7. Установленная мощность

-привода валов–132 кВт

-гидроустановки – 3,0 кВт

- системы смазки -0,5к

Таблица 4.1 – Сводная ведомость технологического оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Марка, тип	Кол-во, шт	Габаритные размеры, мм	Мощность ед., кВт	Мощность общая, кВт
1	Глинорыхлитель	СМК-225	1	5800*2400*1500	45кВт	45кВт
2	Конвейерленточныйреверсивный	СМК-402	1	-	2,2 кВт	
3	Дезинтегратор	СМК-359	1	3960*3275*2620	75кВт	75кВт
4	Конвейерленточный		4	10500*2045*635	5,5 кВт	
5	Вальцы с гладкимивалками	СМК-372	2	8000*5700*4100	-	-
6	Конвейерленточный	СМК-403	1	12690*1450*710	3 кВт	
7	Питатель	СМК372	1	1805*1570*3800	ленты - 2,2 кВт - бильного вала - 1,1 кВт	
8	Прием глины из под вальцев	СМК-372	1	28004*2045*635	5,5 кВт	
9	Конвейерленточный	СМК-404	1	10190*1450*610	3 кВт	

Инв. № подл.      Подп. и дата  
 Инв. № дубл.      Подп. и дата  
 Взам. инв. №      Подп. и дата  
 Инв. № подл.      Подп. и дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Окончание таблицы 4.1

10	Смеситель с фильтрующей решеткой	СМК-355	1		привода валов – 132 гидроустановки – 3,0 системы смазки -0,5
----	----------------------------------	---------	---	--	--

## 5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА

### 5.1 Обзор сушильных барабанов

Она представляет собой сварной цилиндр – барабан, на наружной поверхности которого укреплены бандажные опоры, кольца жесткости и приводной зубчатый венец; Ось барабана может быть наклонена к горизонту на  $4^{\circ}$  -  $6^{\circ}$ [17]

Барабанные атмосферные сушилки непрерывного действия предназначены для сушки сыпучих материалов топочными газами или нагретым воздухом.

Внутри барабана устанавливают насадки, конструкция которых зависит от свойств высушиваемого материала. Со стороны загрузочной камеры многозапорная винтовая насадка, с числом спиральных лопастей от шести до шестнадцати в зависимости от диаметра барабана. При сушке материала с большой адгезией к поверхности на начальном участке последнего закрепляют цепи, при помощи которых разрушают комки и очищают стенки барабана. Для этой же цели могут применять ударные приспособления, расположенные с внешней стороны барабана.

В сушилках диаметром 1000 – 1600 мм для материала с хорошей сыпучестью и средним размером частиц до 8 мм устанавливают секторную насадку. В тех же сушилках, для материалов, обладающих повышенной адгезией или сыпучих материалов со средним размером частиц более 8 мм устанавливают подъемно – лопастные устройства. В сушилках диаметром 1000 – 3500 мм для материалов склонных к налипанию, но восстанавливающих сыпучие свойства в процессе

Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № дубл.	Взам. инв. №
Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

сушки сначала устанавливают подъемно – лопастные перевалочные устройства, а затем секторные насадки.

Основной материал для изготовления барабанов сушилок, загрузочных и разгрузочных камер – углеродистые стали. В технически обоснованных случаях дополнительное изготовление барабанов, загрузочных и разгрузочных камер частично или полностью из жаростойких сталей специальных марок.

Барабанные вакуумные сушилки работают, как правило, периодически и их применяют для сушки термочувствительных материалов от воды и органических растворителей, а также для сушки токсичных материалов. В зависимости от свойств материала и требований к готовой продукции применяют сушилки среднего или глубокого вакуума. Вакуумные барабанные сушилки применяют в основном в производстве полимерных материалов.

Тепловой и температурный режимы. Тепловой и температурный режимы работы барабанных сушил неизменны во времени. Температура и влажность высушиваемого песка при этом меняются по длине барабана по мере продвижения песка от загрузочного к разгрузочному концу сушила: температура растет, а влажность уменьшается.

Температура и влагосодержание сушильного агента (в качестве которого обычно используется смесь дымовых газов и воздуха) также соответственно изменяются по длине сушильного барабана: температура падает, а влагосодержание растет за счет перехода влаги из песка в сушильный агент. Передача тепла к поверхности высушиваемого песка (т.е. в ЗТП) с учетом сравнительно низкого температурного уровня (не выше 700-800<sup>0</sup> С) осуществляется в основном конвекцией в некоторой мере излучением. В этих сушилах протекает обычно проточный режим теплообмена. Однако лимитирующим звеном процесса сушки в этих установках является замедленная тепло- и массопередача внутри слоя песка. Поэтому с целью интенсификации процесса сушки конструктивно предусматривается разрыхление и перегревание слоя песка специальными лопатками на стенах барабана.[20]

Конструкция барабанного сушила. Основной частью барабанных сушил является длинный стальной цилиндр (барабан), установленный с небольшим

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

64

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

наклоном к горизонту (рис. 1). Барабан опирается на опорные ролики и вращается вокруг своей оси благодаря зубчатому венцу, связанному через понижающий редуктор с электроприводом. Влажный сыпучий материал через загрузочное устройство и питатели подается в верхнюю часть барабана и при его вращении (обычно со скоростью несколько оборотов в минуту) постепенно перемещается к его разгрузочному концу. Для ускорения сушки внутри барабана установлены стальные пластины в виде лопастей или секторов, перемешивающие и разрыхляющие сыпучий материал. Перед выдачей песок остужают до температуры  $\sim 50^{\circ}\text{C}$ . Высушиваемый материал нагревается в барабанных сушилах смесью продуктов горения и воздуха. Сжигание топлива производится в отдельной топке, после чего продукты горения смешиваются в смесительной камере с воздухом для понижения их температуры до  $800\text{—}850^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре сушильный агент поступает в барабан (у его загрузочного конца) и покидает барабан при температуре  $100\text{—}120^{\circ}\text{C}$  через газоотвод у разгрузочного конца барабана и направляется в очистительные циклоны, а оттуда в дымовую трубу.[25]

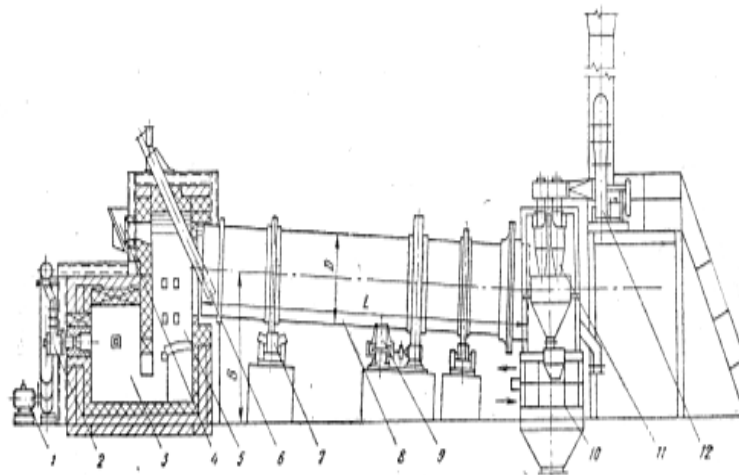


Рисунок 5.1 - Схема барабанной сушилки

1 – вентилятор для подачи воздуха к горелке; 2 – горелка; 3 – камера; 4 – взрывной клапан; 5 – смесительная камера; 6 – труба загрузочного устройства; 7 – барабана; 8 – барабан; 9 – привод вращения барабана; 10 – холодильник; 11 – разгрузочная камера; 12 – дымосос

Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № подл.		
Лист	Изм.	№ докум.
		Подп.
		Дата

Тепло к высушиваемому материалу передается главным образом за счет конвекции и, несмотря на перемешивающие песок средства, сушка его происходит сравнительно медленно.

Удельный расход тепла на удаление 1 кг влаги из материала для барабанных сушил около 4000—5000 кДж/кг. Технические характеристики типовых барабанных сушил, разработанных институтом «Теплопроект», приведены ниже:

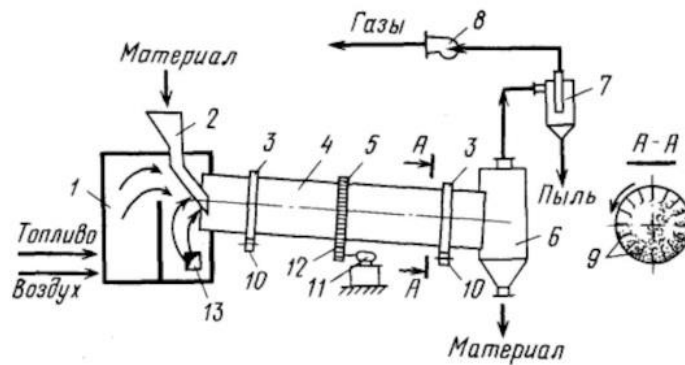
Производительность сушил, т/ч 3,06, 4,51, 5,35, 4,3, 0

Количество удаляемой влаги, кг/ч 31,4, 66,0, 161,0, 45,00

Длина барабана, м 4,06, 0,8, 0,12, 0

Диаметр барабана, м 1,01, 2,1, 6,2, 2

### 5.2. Принципиальная схема барабанной сушилки



- 1-топка; 2-питатель; 3- бандаж; 4 -барабан; 5- зубчатый венец;  
 6 - разгрузочная камера; 7-циклон; 5-вентилятор; 9 – подъемно лопастная насадка; 10 -опорные ролики; 11-электродвигатель;  
 12-шестеренчатая передача; 13-окно для подачи вторичного

Рисунок 5.2 - Схема барабанной сушилки

Влажный материал из бункера 4 с помощью питателя 2 попадает во вращающийся сушильный барабан 6. Параллельно материалу в сушилку подаётся сушильный агент, образующийся от сгорания топлива в топке 1 и смешения газов в смесительной камере 5. Воздух топку и смесительную камеру подаётся вентилятором 5. Высушенный материал с противоположного конца сушильного барабана 4, а из него на транспортирующее устройство.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ



Отработанный сушильный агент перед выбросом в атмосферу очищается от пыли в циклоне 7. При необходимости производится дополнительное, мокрое пылеулавливание.

Транспортировка сушильного агента через сушильную камеру осуществляется с помощью вентилятора 8. При этом установка находится под небольшим разрежением, что исключает утечку сушильного агента через неплотности упаковки.

Барaban приводится во вращение электродвигателем через зубчатую передачу 12.

### 5.3 Исходные данные для расчета

Рассчитать процесс конвективной сушки сыпучего материала в барабанной, вращающейся сушилке при подогреве воздуха продуктами сгорания отопительного газа при следующих условиях:

1. Материал – глина;
2. Производительность сушилки по сухому материалу  $G_k = 12000$  кг/ч;
3. Влажосодержание материала:
  - а) начальное –  $U_n = 10\%$ ,
  - б) конечное –  $U_k = 0,5\%$ ;
4. Температура,  $^{\circ}\text{C}$ :
  - а) атмосферного воздуха –  $20^{\circ}\text{C}$ ,
  - б) газов на входе в сушилку –  $300^{\circ}\text{C}$ ,
  - в) газов на выходе из сушилки –  $80^{\circ}\text{C}$ ;
5. Относительная влажность воздуха  $\varphi_0 = 70\%$ ;
6. Атмосферное давление –  $10^5$  Па;
7. Теплоемкость материала –  $0,8$  кДж/кг·К, плотность –  $1200$  кг/м<sup>3</sup>;
8. Напряженность сушилки по влаге –  $85$  кг/м<sup>3</sup>·ч;
9. Средний диаметр частицы материала –  $1$  мм;
10. Удельные потери тепла в окружающую среду на  $1$  кг испаренной влаги  $q_p = 22,6$  кДж/кг, что соответствует примерно  $1\%$  тепла затрачиваемого на испарение  $1$  кг воды.

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

67

Инд. № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Инв. инв. №. Взам. инв. №. Подп. и дата. Инв. № подл.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------





Количество тепла, выделяющееся при сжигании 1 кг топлива равно:

$$Q = Q_v / \rho_T = 36260 / 0,6756 = 53671,98 \text{ Дж}\cdot\text{м}^3 \quad (5.6)$$

Масса сухого газа, подаваемого в сушильный барабан, в расчете на 1 кг сжигаемого топлива определяется общим коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ , необходимого для сжигания топлива и разбавления топочных газов, до температуры смеси.  $t_{см} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$

Значение  $\alpha$  находят из уравнений материального и теплового баланса.

– Уравнение материального баланса:

$$1 + L_0 = L_{с.г.} + \sum 9n / (12m + n) C_m H_n, \quad (5.7)$$

где  $L_{с.г.}$  – масса сухих газов образовавшихся при сгорании 1 кг топлива;

$C_m H_n$  – массовая доля компонентов, при сгорании которых образуется вода (кг/кг).

– Уравнение теплового баланса:

$$Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + \alpha \cdot L_0 \cdot I_0 = [L_{с.г.} + L_0(\alpha - 1)] \cdot i_{с.г.} + [\alpha \cdot L_0 \cdot x_0 + \sum 9n / (12m + n) C_m H_n], \quad (5.8)$$

где  $\eta$  – общий КПД учитывающий эффективность работы топки и потери тепла топкой в окружающую среду;  $\eta = 0,95$ ;

$c_T$  – теплоемкость газообразного топлива при температуре топлива  $20^\circ\text{C}$ ;

$$c_T = 1,34 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K});$$

$I_0$  – энтальпия свежего воздуха (кДж/кг);  $I_0 = 49 \text{ кДж}/\text{кг}$ ;

$i_{с.г.}$  – энтальпия сухих газов;

$$i_{с.г.} = c_{с.г.} \cdot t_{с.г.} = 1,05 \cdot 300 = 315 \text{ (кДж}/\text{кг}), \quad (5.9)$$

где  $c_{с.г.} = 1,05 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$

$$t_{с.г.} = 300 \text{ }^\circ\text{C};$$

$x_0$  – влагосодержание свежего воздуха при температуре  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  и влажности  $\phi_0 = 70 \%$ ,  $x_0 = 0,0125 \text{ кг}/\text{кг}$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ					Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	70

$$i_{\text{п}} = r_0 + c_{\text{п}} t_{\text{п}} = 2500 + 1,97 \cdot 300 = 3091 \text{ (кДж/кг)}, \quad (5.10)$$

где  $r_0$  – теплота испарения воды при температуре  $0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$r_0 = 2500 \text{ кДж/кг}$$

$c_{\text{п}}$  – средняя теплоемкость водяных паров,  $c_{\text{п}} = 1,97 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;

$t_{\text{п}}$  – температура водяных паров

$$t_{\text{п}} = t_{\text{с.г.}} = t_{\text{см.}} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$$

Решая совместно уравнения 4 и 5, получаем:

$$\alpha = \frac{[Q_{\text{п}} \cdot \eta + c_{\text{т}} \cdot t_{\text{т}} - i_{\text{с.г.}} (1 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n) - i_{\text{п}} \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n] / L_0 \cdot (i_{\text{с.г.}} + i_{\text{п}} \cdot X_0 - I_0)}{\quad} \quad (5.11)$$

Пересчитаем содержание компонентов топлива при сгорании которых

образуется вода, из объемных долей в массовые по формуле:

$$\omega(A) = \varphi(A) \cdot M(A) \cdot 273 / 22,4 \cdot \rho_{\text{т}} \cdot (273 + t_0)$$

$$\omega(\text{CH}_4) = 0,06157 \cdot 0,98 \cdot 16 = 0,9654$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,06157 \cdot 0,01 \cdot 30 = 0,0185$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,06157 \cdot 0,002 \cdot 44 = 0,0054$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,06157 \cdot 0,003 \cdot 58 = 0,0107$$

Количество влаги, выделяющееся при сгорании 1 кг топлива равно:

$$\sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n = 2,17 + 0,0333 + 0,00972 + 0,0166 = 2,2296 \quad (5.12)$$

Коэффициент избытка воздуха находим по уравнению (5.11):

$$\alpha = \frac{[53671,98 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 - 315(1 - 2,2296) - 3091 \cdot 2,2296] / 17,25(315 + 3091 \cdot 0,0125 - 49)}{\quad} = 8,47$$

Общая удельная масса сухих газов получаемая при сжигании 1 кг топлива и разбавлении топочных газов воздухом до температуры смеси  $t_{\text{см}} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$  равна:

$$G_{\text{с.г.}} = 1 + \alpha \times L_0 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \quad (5.13)$$

$$G_{\text{с.г.}} = 1 + 8,47 \cdot 17,25 - 2,2296 = 144,878 \text{ (кг/кг)} \quad (5.14)$$

Инва. № подл.	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Удельная масса водяных паров в газовой смеси при сжигании 1 кг топлива равна:

$$G_n = \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n + \alpha \times x_0 \times I_0, \quad (5.15)$$

$$G_{\text{п}} = 8,47 \cdot 0,0125 \cdot 17,25 + 2,2296 = 4,056 \text{ (кг/кг)} \quad (5.16)$$

Влагосодержание газов на входе в сушилку ( $x_1 = x_{\text{см}}$ ) равно:

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{\text{с.г.}}}, \quad (5.17)$$

$$x_1 = 4,056 / 144,878 = 0,028 \text{ кг/кг}; \quad (5.18)$$

Энтальпия газов на входе в сушилку:

$$I_1 = \frac{Q \times \eta + C_m t_m + \alpha \times L_0 \times I_0}{G_{\text{с.г.}}}, \quad (5.19)$$

$$I_1 = [53671,98 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 + 8,47 \cdot 17,25 \cdot 49] / 144,878 = 401,541 \text{ (кДж/кг)} \quad (5.20)$$

Поскольку коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  велик ( $\alpha > 1$ ), физические свойства газовой смеси, используемой в качестве сушильного агента, практически не отличаются от физических свойств воздуха. Это дает возможность использовать в расчетах диаграмму состояния влажного воздуха.

### 5.5 Определение параметров отработанных газов, расхода сушильного агента и расхода тепла на сушку

Из уравнения материального баланса сушилки определим расход влаги  $W$ , удаляемой из высушенного материала.

$$W = G_{\text{к}} \times \frac{U_{\text{н}} - U_{\text{к}}}{100 - U_{\text{н}}}, \quad (5.21)$$

$$W = 3,3 \cdot (10 - 0,5) / (100 - 10) = 0,348 \text{ (кг/с)} \quad (5.22)$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Взам. инв. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Запишем уравнение внутреннего теплового баланса сушилки:

$$\Delta = c\Theta_1 + q_{доп} - (q_m + q_{м} + q_n), \quad (5.22)$$

где  $\Delta$  – разность между удельными приходом и расходом тепла непосредственно в сушильной камере;

$c$  – теплоемкость влаги во влажном материале при температуре  $\Theta_1$ , кДж/(кг·К);

$q_{доп}$  – удельный дополнительный подвод тепла в сушилку, [кДж/кг·влаги]; при работе сушилки по нормальному сушильному варианту:  $q_{доп} = 0$ ;

$q_T$  – удельный расход тепла в сушилке с транспортными средствами, кДж/кг влаги; в рассматриваемом случае:  $q_T = 0$ ;

$q_m$  – удельный расход тепла в сушильном барабане с высушиваемым материалом, кДж/кг·влаги

$$q_m = \frac{G_{\kappa} C_m (\Theta_2 - \Theta_1)}{W} = 3,3 \cdot 0,8 \cdot (53 - 20) / 0,348 = 250,345 \text{ (кДж/кг)} \quad (5.23)$$

$C_m$  – теплоемкость высушенного материала, кДж/(кг·К)

$\Theta_2$  – температура высушенного материала на выходе из сушилки, °С

При испарении поверхностной влаги  $\Theta_2$  принимается приблизительно равной температуре мокрого термометра при соответствующих параметрах сушильного агента. Принимая в первом приближении процесс сушки адиабатическим, находим  $\Theta_2$  по диаграмме Рамзина по начальным параметрам сушильного агента:

$$\Theta_2 = 53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$q_n$  – удельные потери тепла в окружающую среду, кДж/кг влаги; на 1 кг испаренной влаги:  $q_n = 22,6$  кДж/кг·влаги;

Подставив соответствующие значения, получим:

$$\Delta = 4,19 \cdot 20 - (250,345 + 22,6) = -189,145 \text{ (кДж/кг·влаги);} \quad (5.24)$$

Запишем уравнение рабочей линии сушки

$$\Delta = \frac{I - I_1}{x - x_1} \quad (5.25)$$

Инд. № подл.	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

$$I = I_1 + \Delta \times (x - x_1) \quad (5.26)$$

Для построения рабочей линии сушки на диаграмме Рамзина необходимо знать координаты (x и I) минимум двух точек. Координаты первой точки известны:  $x_1 = 0,028$  (кг/кг),  $I_1 = 401,541$  (кДж/кг). Для нахождения координат второй точки зададимся произвольным значением x и определим соответствующее значение I. Пусть  $x = 0,1$  кг влаги/кг сух. возд. Тогда по уравнению 5.26

$$I = 401,541 + (-189,145) \cdot (0,1 - 0,028) = 387,92 \quad (5.27)$$

Через 2 точки на диаграмме Рамзина с координатами  $(x_1, I_1)$  и  $(x, I)$  проводим линию сушки до пересечения с заданным конечным параметром  $t_2 = 80$  °С . В точке пересечения линии сушки с изотермой t находим параметры отработанного сушильного агента:

$$x_2 = 0,11 \text{ (кг/кг)}$$

$$I_2 = 375 \text{ (кДж/кг)}$$

Расход сухого газа  $L_{с.г.}$  равен:

$$L_{с.г.} = \frac{W}{x_2 - x_1}, \quad (5.28)$$

$$L_{с.г.} = 0,348 / (0,11 - 0,028) = 4,24 \text{ (кг/с)} \quad (5.29)$$

Расход сухого воздуха L равен:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0}, \quad (5.30)$$

$$L = 0,348 / (0,11 - 0,0125) = 3,57 \text{ (кг/с)} \quad (5.31)$$

## 5.6 Определение основных размеров сушильного барабана

Расчет основных размеров сушильного барабана сводится к определению объема сушильного барабана  $V_6$ , длины и диаметра барабана. [16]

Определив длину и диаметр барабана, выбирают стандартный аппарат.

Инва. № подл.	Подп. и дата			
Инва. № дубл.	Взам. инв. №			
Инва. № подл.	Подп. и дата			
Инва. № подл.	Подп. и дата			
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата



Объем барабана складывается из объема необходимого для сушки  $V_{\text{суш}}$  и объема для прогрева материала.

$$V_{\delta} = V_{\text{суш}} + V_{\text{прогр}}, \quad (5.32)$$

Объем необходимый для сушки материала можно определить по формуле:

$$V_{\text{суш}} = \frac{W}{K_v \times \Delta X_{\text{cp}}}, \quad (5.33)$$

где  $K_v$  – объемный коэффициент массопередачи,  $\text{с}^{-1}$

$\Delta X_{\text{cp}}$  – средняя движущая сила массопередачи,  $\text{кг влаги}/\text{м}^3$

Движущую силу массопередачи  $\Delta X_{\text{cp}}$  определяем по уравнению:

$$\Delta X_{\text{cp}} = \frac{\Delta X_{\delta} - \Delta X_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta X_{\delta}}{\Delta X_{\text{м}}}} = \frac{\Delta p_{\text{cp}} \times M_{\epsilon}}{p_0 \times V_0 \times \frac{T_0 + t_{\text{cp}}}{T_0}}, \quad (5.34)$$

где

$$\Delta p_{\text{cp}} = \frac{\Delta p_{\delta} - \Delta p_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta p_{\delta}}{\Delta p_{\text{м}}}}$$

$\Delta X_{\delta} = X_1^* - X_1$  – движущая сила в начале процесса сушки,  $\text{кг}/\text{м}^3$

$\Delta X_{\text{м}} = X_2^* - X_2$  – движущая сила в конце процесса сушки,  $\text{кг}/\text{м}^3$

$\Delta p_{\delta} = p_1^* - p_1$  – движущая сила в начале процесса сушки, Па

$\Delta p_{\text{м}} = p_2^* - p_2$  – движущая сила в конце процесса сушки, Па

$X_1^*$ ,  $X_2^*$  – равновесное содержание влаги на входе в сушилку и на выходе из нее,  $\text{кг}/\text{м}^3$

$p_1^*$ ,  $p_2^*$  – давление насыщенных паров над влажным материалом в начале и конце процесса сушки, Па. Их значения определяются по температуре мокрого термометра сушильного агента в начале  $t_{\text{м1}}$  и в конце  $t_{\text{м2}}$  процесса сушки.

По диаграмме Рамзина найдем:

$$t_{\text{м1}} = 57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p_1^* = 18498 \text{ (Па)},$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв. №	Подп. и дата	Лист
08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ							75
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата			

$$t_{m2} = 56 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p_2^* = 17109 \text{ (Па);}$$

$p_1, p_2$  – давление водяных паров в газе в начале и конце процесса сушки, Па. Их определяют по формуле:

$$p = \frac{\frac{X}{M_g} \times P_0}{\frac{1}{M_{c.g.}} + \frac{X}{M_g}}, \quad (5.35)$$

где  $X$  – влагосодержание на входе или на выходе из сушилки.

Тогда на входе в сушилку

$$p_1 = (0,028/18 \cdot 10^5) / (1/29 + 0,028/18) = 4321 \text{ Па} \quad (5.36)$$

на выходе из сушилки

$$p_2 = (0,11/18 \cdot 10^5) / (1/29 + 0,11/18) = 15054 \text{ Па} \quad (5.37)$$

$$\Delta p_{cp} = ((18498 - 4321) - (17109 - 15054)) / \ln(16,7) = 6276 \text{ Па} \quad (5.38)$$

Откуда  $\Delta X_{cp}$  по уравнению 18 будет равно:

$$\Delta X_{cp} = 6276 \cdot 18 / (10^5 \cdot 22,4 \cdot ((273 + 190)/273)) = 0,029 \text{ (кг влаги/м}^3\text{)} \quad (5.39)$$

$$t_{cp} = (t_{вх} + t_{вых}) / 2 = 300 + 80 / 2 = 190 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.40)$$

В случае сушки кристаллических материалов, т.е. при удалении поверхностной, свободной влаги и параллельном движении материала и сушильного агента, коэффициент массопередачи  $K_v$  пропорционален коэффициенту массоотдачи  $\beta_v$ .

Для барабанной сушилки коэффициент массоотдачи  $\beta_v$  может быть вычислен по эмпирическому уравнению:

$$\beta_v = 1.6 \times 10^{-2} \times \frac{(\omega \times \rho_{cp})^{0,9} \times n^{0,7} \times \beta^{0,54} P_0}{c \times \rho_{cp} \times (P_0 - p)} \quad (5.41)$$

где  $\rho_{cp}$  – средняя плотность сушильного агента, кг/м<sup>3</sup>

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

$$\rho_{cp} = M \cdot T_0 / (V_0(T_0 + t_{cp})) = 29 \cdot 273 / (22,4 \cdot (273 + 190)) = 0,763 \text{ кг/м}^3 \quad (5.42)$$

$c$  – средняя теплоемкость сушильного агента,

$$c = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$\beta$  – степень заполнения барабана высушиваемым материалом, %

$p$  – среднее парциальное давление водяных паров в сушильном барабане, Па

$$p = (p_1 + p_2)/2 = (4321 + 15054)/2 = 9687,5 \text{ (Па)}$$

$\omega$  – рабочая скорость сушильного агента в барабане, м/с

$n$  – число оборотов барабана (изменяется в реальных барабанах от 2 до 12 об/мин)

Уравнение 20 справедливо для значений:

$$\omega_{cp} = 0,6 \dots 1,8 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$$

$$n = 1,5 \dots 5 \text{ об/мин}$$

$$\beta = 10 \dots 25 \%$$

Если указанные пределы не соблюдаются, то объем барабана можно рассчитывать по величине объемного напряжения по влаге:

$$V_{\sigma} = \frac{3600 \times W}{A_v}, \quad (5.43)$$

где  $A_v$  - значение объемного напряжения по влаге

Скорость газов в барабанах выбирается в зависимости от размеров частиц и насыпной плотности высушиваемого материала по таблице 3.

Таблица 5.2 - Выбор рабочей скорости газов в сушильном барабане

Размер частиц, мм	Значение скорости $\omega$ при насыпной плотности				
	350	1000	1400	1800	2200
0,3 – 2	0,5 – 1,0	2,0 – 5,0	3,0 – 7,5	4,0 – 8,0	5,0 – 10,0
Более 2-х	1,0 – 3,0	3,0 – 5,0	4,0 – 8,0	6,0 – 10,0	7,0 – 12,0

Степень заполнения барабана зависит от конструкции перевалочных устройств:

подъемно – лопастные допускают  $\beta = 12 \dots 14 \%$ ;

распределительные с открытыми и закрытыми ячейками –  $\beta = 21 \dots 27 \%$

Принимаем:

$$\omega = 2,3 \text{ м/с}$$

$$n = 5 \text{ об/мин}$$

$$\beta = 12 \%$$

$$\beta_v = 1,6 \times 10^{-2} \times \frac{(2,3 \times 0,763)^{0,9} \times 5^{0,7} \times 12^{0,54} \times 10^5}{1 \times 0,763 \times (10^5 - 9687,5)} = 0,45 \text{ с}^{-1} \quad (5.44)$$

Тогда объем сушильного пространства рассчитывается по формуле 17 и равен:

$$V_{\text{суш}} = 0,348 / 0,45 \cdot 0,029 = 26,6 \text{ м}^3; \quad (5.45)$$

Объем барабана необходимый для прогрева влажного материала определяют по уравнению:

$$V_{\text{прог}} = \frac{Q_n}{K_v \times \Delta t_{\text{cp}}} \quad (5.46)$$

где  $Q_{\text{п}}$  – расход тепла на прогрев материала до температуры  $t_{\text{м1}}$ , кВт

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{к}} C_{\text{м}} (t_{\text{м1}} - \Theta_1) + W_{\text{в}} C_{\text{в}} (t_{\text{м1}} - \Theta_1), \quad (5.47)$$

$$Q_{\text{п}} = 3,3 * 0,8 * 37 + 0,348 * 4,19 * 37 = 151,63 \quad (5.48)$$

$K_v$  – объемный коэффициент теплопередачи, кВт/(м<sup>3</sup>·К)

$$K_v = 16(\omega \times \rho_{\text{cp}})^{0,9} \times n^{0,7} \times \beta^{0,54} \quad (5.49)$$

$$K_v = 16(2,3 \times 0,763)^{0,9} \times 5^{0,7} \times 12^{0,54} = 0,3127 \text{ кВт/м}^3 \cdot \text{К} \quad (5.50)$$

$\Delta t_{\text{cp}}$  – средняя разность температур, °С

$C_{\text{в}}$  – теплоемкость воздуха

$\Theta_1$  – температура влажного материала

$$\Theta_1 = T_0$$

Для вычисления  $\Delta t_{\text{cp}}$  необходимо найти температуру сушильного агента  $t_x$  до которой он охлаждается, отдавая тепло на нагрев высушиваемого материала до  $t_{\text{м1}}$ . Эту температуру можно определить из уравнения теплового баланса:

Инд. № дубл.	Инд. № инв. №	Подп. и дата					
Инд. № подл.	Инд. № подл.	Подп. и дата					
			08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ			Лист	
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		78	

$$Q_n = L_{c.r.} \cdot (1 + X_1) \cdot C_r \cdot (t_1 - t_x), \quad (5.51)$$

Откуда:

$$t_x = t_1 - \frac{Q_n}{L_{c.z.} \times C_z \times (1 + x_1)}, \quad (5.52)$$

$$t_x = 300 - \frac{151,63}{4,24 \times 1,05 \times (1 + 0,028)} = 267^\circ C \quad (5.53)$$

$t_x = 267^\circ C$ ;

Средняя разность температур  $\Delta t_{cp}$  равна:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1 - \Theta_1) + (t_x - t_{m1})}{2}, \quad (5.54)$$

$$\Delta t_{cp} = ((300 - 20) + (267 - 57)) / 2 = 245^\circ C; \quad (5.55)$$

Подставляем полученные значения в уравнение 46:

$$V_{II} = 151,63 / 0,3127 \cdot 245 = 1,98 \text{ м}^3; \quad (5.56)$$

Общий объем сушильного барабана равен:

$$V_6 = V_{суш} + V_{прогр} = 26,6 + 1,98 = 28,58 \text{ м}^3; \quad (5.57)$$

По справочным данным находим основные характеристики барабанной сушилки – длину и диаметр, взяв за основу объем сушильного пространства.

По таблице выбираем барабанную сушилку № 7119 со следующими характеристиками:

Объем  $V = 30,5 \text{ м}^3$ ,

Диаметр  $d_{вн} = 1,8 \text{ м}$ ,

Длина  $l = 12 \text{ м}$ ,

Частота  $n = 5 \text{ об/мин}$ ;

Определим действительную скорость газов в барабане:

$$\omega_0 = \frac{V_z}{0,785d^2}, \quad (5.58)$$

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

где  $V_r$  – объемный расход влажного сушильного агента на выходе из барабана, м<sup>3</sup>/с

$$V_2 = L_{c.2.} \times 22,4 \times \frac{273 + t_{cp}}{273} \times \left( \frac{1}{29} + \frac{x_{cp}}{18} \right), \quad (5.59)$$

$x_{cp}$  – среднее содержание влаги в сушильном агенте, кг/кг

$$x_{cp} = \frac{(x_2 - x_0)}{2} = \frac{0,11 - 0,0125}{2} = 0,06125 \frac{кг}{кг}, \quad (5.60)$$

$$V_r = 4,24 \times 22,4 \times \frac{273 + 190}{273} \times \left( \frac{1}{29} + \frac{0,06125}{18} \right) = 6,1 \frac{м^3}{с} \quad (5.61)$$

Тогда:

$$V_2 = L_{c.2.} \times 22,4 \times \frac{273 + t_{cp}}{273} \times \left( \frac{1}{29} + \frac{x_{cp}}{18} \right), \quad (5.62)$$

$$\omega_d = 6,1 / 0,785 \cdot 1,8^2 = 2,4 \text{ м/с}; \quad (5.63)$$

Принимаем:  $\omega = 2,3 \text{ м/с}$

Время пребывания материала в барабане:

$$\tau = \frac{G_m}{G_k + \frac{W}{2}}, \quad (5.64)$$

где  $G_m = V\beta\rho_m = 30,5 * 0,12 * 1200 = 4392$

Отсюда

$$\tau = 4392 / (3,3 + 0,348/2) = 1264,25 \text{ с}; \quad (5.65)$$

Зная время пребывания, рассчитаем угол наклона барабана  $\alpha$ :

$$\alpha = \left( \frac{30 \times l}{d \times n \times \tau} + 0,007 \times \omega_d \right) \times \frac{180}{\pi}, \quad (5.66)$$

$$\alpha = (30 \cdot 12 / 1,8 \cdot 5 \cdot 1264,25 + 0,007 \cdot 2,4) \cdot (180 / 3,14) = 2,8^0; \quad (5.67)$$

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № инв. №	Подп. и дата

Проверим допустимую скорость газов по уносу мелких частиц:

$$\omega_{ун} = \frac{\mu_{ср}}{d\rho_{ср}} \times \left( \frac{Ar}{18 + 0.575 \times \sqrt{Ar}} \right), \quad (5.68)$$

где  $\rho_{ср}$  – плотность сушильного агента

$$\rho_{ср} = [29 \times (p_0 - p) + 18 \times p] \times \frac{T}{22,4 \times p_0 \times (T + t_{ср})}, \quad (5.69)$$

$$\rho_{ср} = [29 \cdot (10^5 - 9687,5) + 18 \cdot 9687,5] \cdot 273 / (22,4 \cdot 10^5 \cdot (273 + 190)) = 0,735 \text{ кг/м}^3; \quad (5.70)$$

$$Ar = (d^3 \cdot \rho_{ч} \cdot \rho_{ср} \cdot g) / \mu_{ср}^2 = [(1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1200 \cdot 0,735 \cdot 9,8] / (0,025 \cdot 10^{-3})^2 = 34,6 \cdot 10^4; \quad (5.71)$$

$\mu_{ср}$  и  $\rho_{ср}$  – вязкость и плотность сушильного агента при средней температуре;

$d$  – диаметр частиц материала, м;

$\rho_{г}$  – плотность частиц материала.

Скорость уноса равна:

$$\omega_{ун} = 0,025 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,735 \cdot [34,6 \cdot 10^6 / (18 + 0,575 \cdot \sqrt{34,6 \cdot 10^6})] = 4,6 \text{ м/с}; \quad (5.72)$$

Рабочая скорость сушильного агента в сушилке  $\omega_{д} = 2,4$  м/с меньше чем скорость уноса частиц  $\omega_{ун} = 4,6$  м/с, поэтому расчет основных размеров сушильного барабана заканчиваем.

Выводы по разделу 5:

По данным условиям мы рассчитали процесс конвективной сушки материала (глины) в барабанной, вращающейся сушилке при подогреве воздуха продуктами сгорания отопительного газа. Так же по приведенным данным произвели расчет материального и теплового балансов процесса. По расчетам нашли тип барабанной сушилки – № 7119 и его характеристики: диаметр  $d_{вн} = 1,8$  м, длина  $l = 12$  м, объем  $V = 30,5 \text{ м}^3$ , частота  $n = 5$  об/мин, угол наклона к горизонту которой составляет  $\alpha = 5^\circ$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	





На данный момент применяется экскаватор многоковшовый со следующими техническими характеристиками:

1. Глубина копания наибольшая – 6,5 м
2. Угол наклона – 0...45°
3. Скорость цепи – 0,588 м/сек
4. Мощность привода – 30 кВт
5. Мощность привода насосной станции – 5,5 кВт

Для разгрузки шихтозапасника выбираем экскаватор многоковшовый Verdes поперечного типа.

1. Технические характеристики:
2. Мощность – 40 кВт
3. Длина стрелы – 6-19,5
4. Скорость перемещения ковша – 0,416 м/с
5. Скорость перемещения платформы – 0,1 м/с
6. Емкость ковша – 65 л

На платформе экскаватора расположены противовесы, панель приборов и панель управления с PLC (программируемым логическим контроллером), который отслеживает необходимые данные о работе экскаватора. На каждом колесе имеется приспособление, предназначенное для очистки рельса.

Программируемый логический контроллер отслеживает следующие параметры:

- Скорость перемещения подвижной платформы
- Точное местоположение подвижной платформы
- Положение и рабочий угол наклона стрелы
- Скорость движения цепи и ковшей
- Глубина выемки шихты (подача)
- Автоматическая смазка цепи
- Взаимодействие с работой остальных участков линии

Так же экскаватор оборудован системой безопасности, а именно:

- Фотодатчик определения расстояния;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

- Устройство аварийной остановки
- Ограждения
- Противоударное защитное устройство (для экскаваторов поперечного типа)
- Звуковая сигнализация

Данные функции многоковшового экскаватора позволят автоматизировать процесс разгрузки шихтозапасника и осуществлять управление процессом без непосредственного участия человека.

## 7 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 7.1 Описание первичной переработки глинистого сырья

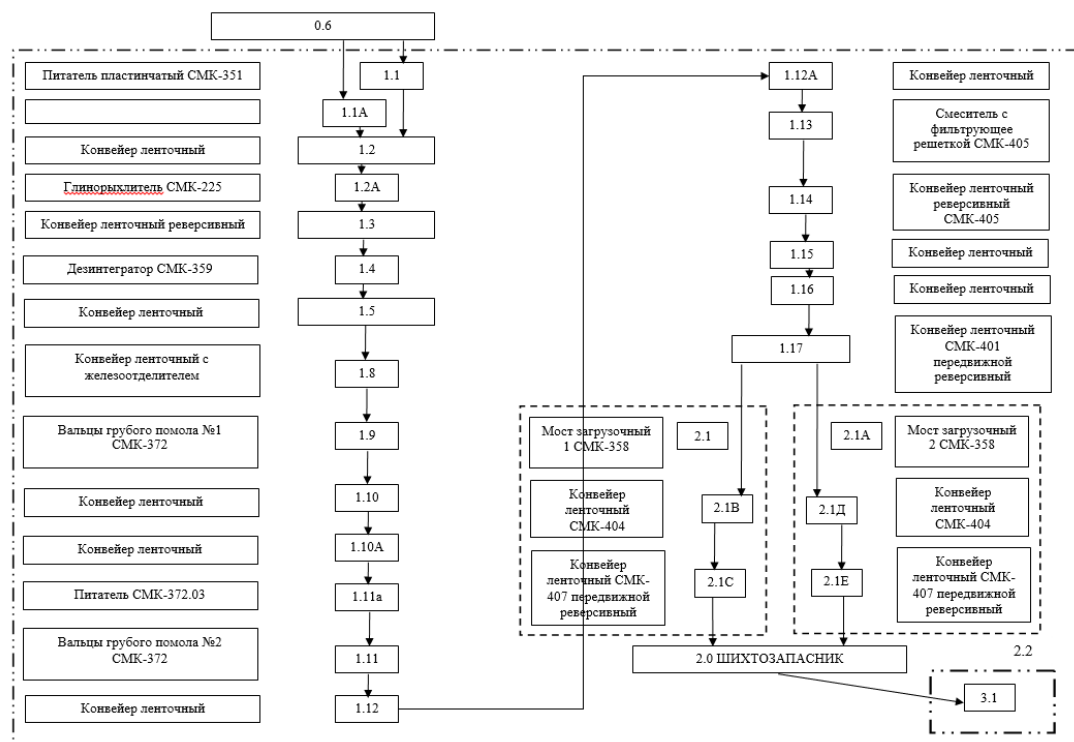


Рисунок 7.1 - Технологическая схема первичной переработки глинистого сырья

#### 1) Приём из автотранспорта пластинчатым питателем СМК-351

Первичная переработка глинистого сырья начинается с подачи машинистом 3 разряда на автомобиле Урал 5530 (грузоподъемность 10 тонн) сырья на ящичный пластинчатый питатель СМК-351 (производительность 70 м<sup>3</sup>/ч), подача сырья осуществляется в течение 5 минут машинистом 3 разряда. Рабочий 2 разряда осуществляет контроль за приёмом сырья в течение 6 минут.

## 2) Переработка глины на глинорыхлителе

Далее по ленточному конвейеру глина поступает на глинорыхлитель СМК-225 (производительность 120 т/ч) на данном этапе происходит измельчение крупных и мерзлых комьев глины, партия глины измельчается в течение 5 минут. Очистка валов происходит автоматически. На бункере глинорыхлителя устанавливается накопитель с обрушающими устройствами, для предотвращения образования свода глины, объемом 15 м<sup>3</sup>. Приёмный короб наполняется за 15 минут при условии непрерывной поставки глиняного сырья. Для заполнения приемного короба необходимо выгрузить 3 автомобиля Урал 5530.

## 3) Подача глины в дезинтегратор СМК-359

После заполнения приёмного короба глинорыхлителя глиняное сырьё по реверсивному ленточному конвейеру в течение 15 минут поступает в дезинтегратор СМК-359 (производительность 100 т/ч) где происходит рыхление глин до размеров 35 мм в течение 15 минут.

## 5) Отделение железа от глиняной массы

Далее на ленточном конвейере происходит отделение железа от глиняной массы электромагнитным железотделителем в течение 15 минут.

## 6) Измельчение глины на вальцах грубого помола СМК-372 №1

На вальцах грубого помола производится измельчение глинянной массы до размеров фракции - 10 мм в течение 9 минут. На данном этапе оператором 3 разряда осуществляется контроль зазора между валками - 10мм. После измельчения происходит отбор глиняной массы от вальцев грубого помола и пересыпка на ленточный конвейер, очищение ребристого вальца происходит автоматически, поджимаемой к нему плоской щёткой. Затем по ленточному конвейеру СМК-403 (100 т/ч) в течение 15 минут осуществляется равномерная загрузка глины на вальцы грубого помола СМК – 372 №2 (100 м<sup>3</sup>/ч).

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ					Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	85



## 7.2. Режим работы предприятия

Расчет проектной мощности предприятия производится, исходя из производительности ведущего оборудования, режима работы и фонда чистого времени работы оборудования.

Число рабочих суток в году 248, количество рабочих смен в сутки 2, продолжительность рабочей смены 12 часов.

Расчетный фонд рабочего времени составляет 5952 часа.

## 7.3 Оптимизация первичной переработки глиняного сырья при заданном ритме

Оптимизацию будем проводить по первому варианту, когда задан ритм выпуска изделий. Для оптимизации при заданном ритме необходимо построить пооперационный график, найти на нем последовательную непрерывную цепочку операций, суммарная длительность которой определяет время выполнения всего комплекса операций (длительность цикла).

За ведущий процесс принимаем процесс измельчения глины на вальцах грубого помола №1, длительность процесса – 24,5 мин. Следовательно, длительность цикла равна 24,5 минутам.

Пооперационный график представлен в таблице 1.

При помощи пооперационного графика строим неоптимизированный график движения рабочей силы, который представлен на рисунке 3. И оптимизированный график движения рабочей силы – рисунок 4.

Циклограмма переработки глины на глинорыхлителе представлена на рисунке 5.

Циклограмма работ на посту распалубки представлена на рисунке 6.

Условные обозначения:

- - неоптимизированный график  
- - оптимизированный график

Инт. № инв.	Взам. инв. №	Инт. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Инт. № подл.
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



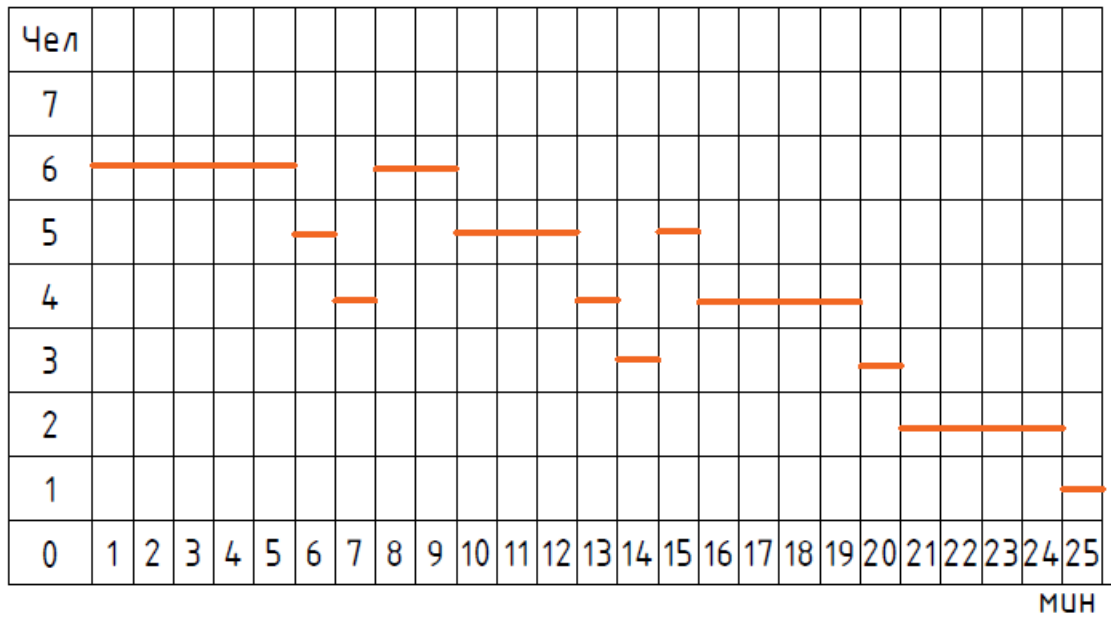


Рисунок 7.3 - Неоптимизированный график движения рабочей силы

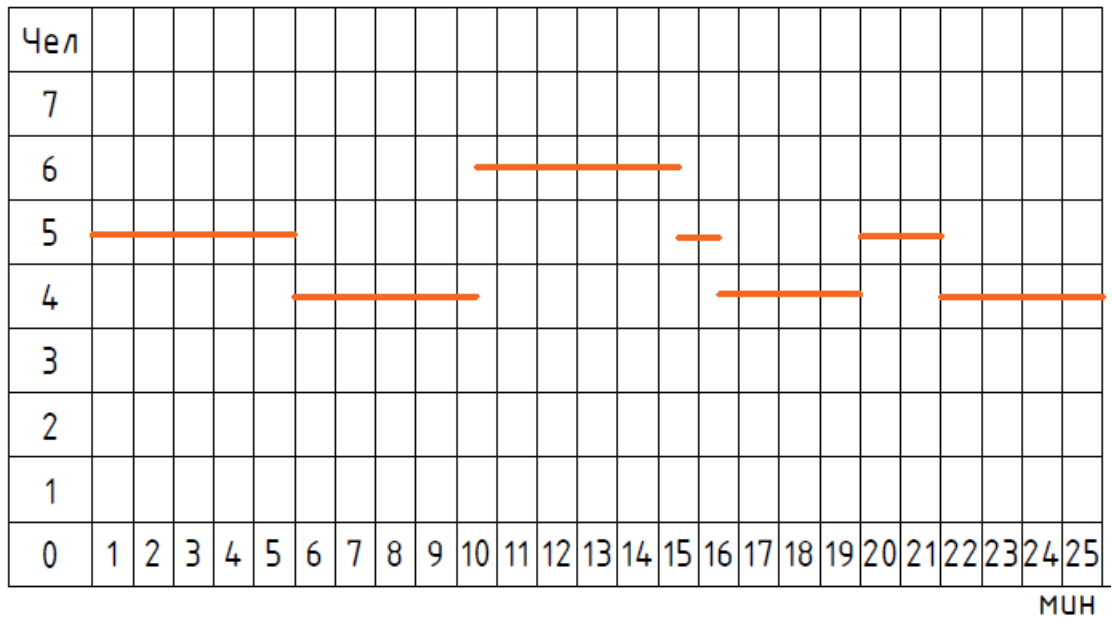


Рисунок 7.4 - Оптимизированный график движения рабочей силы

Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № дубл.	Взам. инв. №
Изм.	Подп. и дата
Лист	Дата

Процесс	Операции	Оборудование	Прод-ть	Время, мин																								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Переработка глины на глинорыхлителе	Рыхление глины	СМК-225	5	█					█					█														
	Наполнение приемного короба	СМК-225 приемный короб	5(15)	█					█					█														
	Очистка валов	СМК-225	2(6)							█								█										

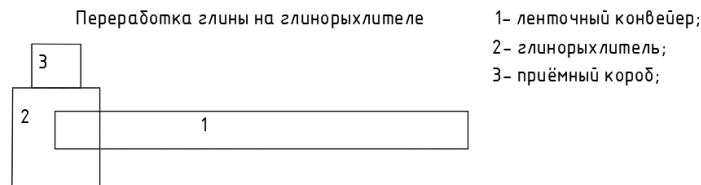


Рисунок 7.5 - Циклограмма переработки глины на глинорыхлителе

Процесс	Операции	Оборудование	Рабочие		Трудоёмк.	Прод-ть	Время, мин																								
			Профессия, разряд	Кол.-во чел.			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Измельчение на вальцах грубого помола №1	Измельчение глиняной массы	СМК-372	Оператор 3 р.	1	0,5	9	█																								
	Очистка ребристого вальца от глиняной массы	СМК-403														█															
	Транспортировка по ленточному конвейеру	СМК-403														█															

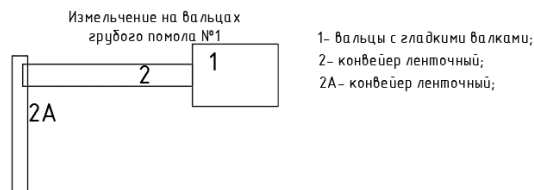


Рисунок 7.6 - Циклограмма переработки глины на вальцах грубого помола

№1

#### 7.4 Организация труда рабочих технологической линии

После проведенной оптимизации необходимо оценить ее эффективность, рассчитав среднюю интенсивность потребления ресурсов, потери труда из-за неравномерного и неполного использования ресурсов и наибольшую интенсивность текущего потребления ресурсов.

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

$$P = \frac{\sum P(i;j) * T(i;j)}{T_c} \quad (7.1)$$

Ивл. № подл.	Подп. и дата
Ивл. № дубл.	Взам. инв. №
Ивл. № инв.	Подп. и дата
Ивл. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ



где  $P(i;j)$  – потребление ресурсов на операции, чел;  $T(i; j)$  – длительность операции, мин;  $T_c$  – такт выпуска, мин.

До оптимизации:

$$P = \frac{6 \cdot 5 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 5 \cdot 3 + 4 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 4 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 4 + 1 \cdot 1}{25} = 4,24 \quad (7.2)$$

После оптимизации:

$$P = \frac{5 \cdot 5 + 4 \cdot 4,5 + 6 \cdot 5 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 3,5 + 5 \cdot 2 + 4 \cdot 4}{25} = 4,72 \quad (7.3)$$

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

$$\Delta H = H_f - H, \quad (7.4)$$

где  $H_f$  – фактические затраты труда на стад. Процессе чел-мин;  $H$  – трудоемкость операции, мин.

$$H_f = P_{\max} \cdot T_c, \text{ чел-мин.}$$

$P_{\max}$  – наибольшая интенсивность текущего потребления ресурсов.

До оптимизации:

$$H_f = 6 \cdot 25 = 150 \text{ чел-мин.} \quad (7.5)$$

$$\Delta H = 150 - 106 = 44 \text{ чел-мин.} \quad (7.6)$$

После оптимизации:

$$H_f = 6 \cdot 25 = 150 \text{ чел-мин.} \quad (7.7)$$

$$\Delta H = 150 - 118 = 32 \text{ чел-мин.} \quad (7.8)$$

### 7.5 Определение уровня механизации и атоматизации

Уровень механизации – доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых при помощи механизмов, определяется по формуле:

$$Y_m = \frac{\sum Z_i \cdot K_i \cdot N_i}{3 \sum N_i}, \quad (7.9)$$

где  $Z$  – характеристика вида механизации операции:

- $Z = 0$  - операция не механизирована;

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Взам. инв. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Инд. № подл.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



Таблица 7.1 – Сводная таблица уровня механизации и автоматизации

№	Операция	Механизация				Автоматизация			
		Zi	ki	ni	Zikini	Zi	ki	ni	Zikini
1	Подача/прием сырья	3	1	3	9	1	1	3	3
2.1	Переработка глины на глинорыхлителе	3	1	3	9	1.5	1	3	4.5
2.2	Очистка валов	3	1	3	9	1.5	1	3	4.5
3.1	Подача сырья по реверсивному конвейеру	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
3.2	Рыхление глины на дезинтеграторе	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
4	Транспортировка и отделение железа	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
5.1	Измельчение глиняной массы №1	3	1	1	3	1	1	1	1
5.2	Очистка вальца	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
5.3	Транспортировка	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
6.1	Измельчение глиняной массы №2	3	1	1	3	1	1	1	1
6.2	Очистка вальца	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
6.3	Транспортировка	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
7.1	Очистка и рыхление	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
7.2	Перемешивание	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
7.3	Транспортировка	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
8	Загрузка глины, формирование запаса	3	1	1	3	1	1	1	1

Расчет уровней механизации и автоматизации:

Уровень механизации

$$Y_m = \frac{\sum z_i \cdot k_i \cdot N_i}{3 \cdot \sum N_i} = \frac{66}{66} = 100\% \quad (7.11)$$

Уровень автоматизации

$$Y_a = \frac{\sum z_i \cdot k_i \cdot N_i}{1,5 \cdot \sum N_i} = \frac{30}{66} = 45\% \quad (7.12)$$

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

93

Лист Изм. № докум. Подп. Дата

Изм. № подл. Подп. и дата  
Изм. № дубл. Подп. и дата  
Изм. инв. № Взам. инв. №  
Изм. инв. № Подп. и дата

Таким образом уровни механизации и автоматизации удовлетворяют требованиям ОНТП 07-85 ( $Y_m > 50\%$ ;  $Y_a > 30\%$ ).

## Вывод

В данном разделе дипломной работы была выполнена оптимизация первичной переработки глинистого сырья на заводе ООО КЕММА. Решена проблема рационального использования трудовых ресурсов путем установки ритма выпуска изделий. В виде циклограммы показано согласование времени выполнения двух отдельных операций.

Расчеты уровней механизации и автоматизации показали, что общий уровень механизации производственного процесса составляет 100% (согласно ОНТП 07-85 уровень механизации должен быть не менее 50%), а уровень автоматизации 45% (согласно ОНТП 07-85 не менее 30%), что является достаточно высоким показателем.

## 8 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Преимущества от внедрения нового экскаватора в шихтозапаснике:

- выпуск строго необходимого количества дорогих видов продукции;
- мобильность в графике выпуска продукции;
- повышение стабильности качества и снижение количества брака благодаря засыпке шихты однородным слоем;
- производительность нового экскаватора выше, что позволит увеличить в дальнейшем общую производительность завода;
- уменьшение количества рабочих обслуживающих шихтозапасник, как следствие снижение затрат на оплату труда и повышение автоматизации производства;
- меньшее время ожидания потребителем заказа.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

## 8.1 Затраты на строительство и ввод в эксплуатацию

Стоимость проекта нового шихтозапасника = 5 000 000 руб

Строительные работы и строительные материалы = 35 000 000 руб

Стоимость монтажа экскаватора и рельсового пути = 250 000 000 руб

Стоимость конвейеров = 9 563 000 руб

Стоимость монтажа конвейеров, изготовление и монтаж площадок обслуживания, опор конвейеров = 4 700 000 руб

Установка дополнительных питателей для подачи сырья = 1 500 000 руб

Итого: 296 200 000 руб – стоимость переоборудования шихтозапасника

## 8.2 Расчет себестоимости производства кирпича

Себестоимость продукции является одним из основных экономических показателей, определяющих конкурентную способность продукции производства. Данный показатель складывается из стоимости материалов и себестоимости их переработки, производства, оплаты труда.

Таблица 8.1 - Стоимость материалов в расчете на один поддон полнотелого кирпича до оптимизации

Наименование материала	Расход	Ед. изм.	Стоимость за единицу	Стоимость всего
Глина С.- Круглянская	1.600	тн	117.00	187.20
Глина Ю. - Сычевская	0.640	тн	280.00	179.20
Стретч - пленка	1.041	кг	123.73	128.80
Пленка п/э 1500x0,06	0.355	кг	120.34	42.72

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

95

## Окончание таблицы 8.1

Этикетка	2.360	шт	1.86	4.39
Газ горючий природный	140	м3	4.19	586.60
Электроэнергия	130	кВт.ч	2.62	340.60
Итого переменные затраты				1 533.51
Общепроизводственные затраты				2 600
Итого				4 133.51
Прочие затраты				900
Итого себестоимость продукции				5033.51

Так как производительность нового экскаватора больше, затраты электроэнергии так же увеличатся, следовательно увеличится себестоимость кирпича.

Таблица 8.2 - Стоимость материалов в расчете на один поддон полнотелого кирпича после оптимизации

Наименование материала	Расход	Ед. изм.	Стоимость за единицу	Стоимость всего
Глина С.- Круглянская	1.600	тн	117.00	187.20
Глина Ю. - Сычевская	0.640	тн	280.00	179.20
Стретч - пленка	1.041	кг	123.73	128.80
Пленка п/э 1500x0,06	0.355	кг	120.34	42.72
Этикетка	2.360	шт	1.86	4.39
Газ горючий природный	140	м3	4.19	586.60
Электроэнергия	130	кВт.ч	2.62	454.13
Итого переменные затраты				1 583.04
Общепроизводственные затраты				2 600

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

96

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Лист Изм. № докум. Подп. Дата

Окончание таблицы 8.2

Итого	4 183.04
Прочие затраты	900
Итого себестоимость продукции	5083.04

Материальные затраты до внедрения нового оборудования:

$$МЗ_1 = 5033.51 \text{руб}$$

Материальные затраты после внедрения нового оборудования:

$$МЗ_2 = 5083.04 \text{руб}$$

Таблица 8.3 - Фонд оплаты труда до оптимизации

Профессия	Зарботная плата на ед. продукции, руб	Кол.-во работающих в смену	Зарботная плата всех рабочих
Оператор	45	2	90
Начальник цеха	80	1	80
Итого			170

Таблица 8.4 - Фонд оплаты труда после оптимизации

Профессия	Зарботная плата на ед. продукции, руб	Кол.-во работающих в смену	Зарботная плата всех рабочих
Оператор	45	1	45
Начальник цеха	80	1	80
Итого			125

Определение материальных затрат на эксплуатацию машин и механизмов производится по формуле:

$$ЭММ = А^{год} + ЗП, \quad (8.1)$$

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

97

Инд. № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Взам. инв. №. Подп. и дата. Инв. № подл.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

где  $A^{год}$  – амортизационные отчисления за год; ЗП – заработная плата рабочих обслуживающих машины и механизмы (учтено в ФОТ);

Амортизационные отчисления определяем по формуле:

$$A^{год} = C_{оф} * H_a, \quad (8.2)$$

где  $C_{оф}$  – оборотный фонд;  $H_a$  – норма амортизации ( $H_a = \frac{1}{T_n} \cdot 100\%$ );  $T_n$  – паспортный срок службы оборудования, принимаем для расчета 7 лет.

$$H_a = \frac{1}{7} \cdot 100\% = 14,28 \%, \quad (8.3)$$

Оборотный фонд определяется исходя из стоимости оборудования.

Таблица 8.5 - Стоимость оборудования до автоматизации процесса работы экскаватора

Наименование	Количество	Ед. изм.	Стоимость, руб
Разгрузочный мост СМК - 360	1	шт	19000000
Экскаватор многоковшовый	1	шт	11000000
Ленточный питатель СМК-408	1	шт	7000000
Итого			37 000 000

Таблица 8.6 - Стоимость оборудования до автоматизации процесса работы экскаватора

Наименование	Количество	Ед. изм.	Стоимость, руб
Разгрузочный мост СМК - 360	1	шт	19000000
Экскаватор многоковшовый Verdes	1	шт	17000000
Ленточный питатель СМК-408	1	шт	7000000

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Инва. № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Подп. и дата.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



Окончание таблицы 8.6

Итого	43 000 000
-------	------------

$$A_1^{\text{год}} = 37\,000\,000 \cdot 0,1428 = 5\,283\,600 \text{ руб} \quad (8.4)$$

$$A_1 = \frac{5\,283\,600}{75\,000\,000} = 0,07 \text{ руб} \cdot 1000 \text{ шт} = 70,448 \text{ руб} \quad (8.5)$$

$$A_2^{\text{год}} = 43\,000\,000 \cdot 0,1428 = 6\,140\,400 \text{ руб} \quad (8.6)$$

$$A_2 = \frac{6\,140\,400}{75\,000\,000} = 0,082 \text{ руб} \cdot 1000 \text{ шт} = 81,872 \text{ руб} \quad (8.7)$$

$$\text{ЭММ}_1 = A_1 + \text{ОЗП} = 70,448 \text{ руб} + 170 \text{ руб} = 240,448 \text{ руб} \quad (8.8)$$

$$\text{ЭММ}_2 = A_2 + \text{ОЗП} = 81,872 \text{ руб} + 125 \text{ руб} = 206,872 \text{ руб} \quad (8.9)$$

$$\text{ПЗ}_1 = \text{МЗ}_1 + \text{ЭММ}_1 = 5033,51 + 240,448 = 5273,958 \text{ руб} \quad (8.10)$$

$$\text{ПЗ}_2 = \text{МЗ}_2 + \text{ЭММ}_2 = 5083,04 + 206,872 = 5289,912 \text{ руб} \quad (8.11)$$

Себестоимость 1000 шт усл. кирпича до внедрения оборудования:

$$S_{e_1} = 5273,958 \text{ руб}$$

Себестоимость 1000 шт усл. кирпича после внедрения оборудования:

$$S_{e_2} = 5289,912 \text{ руб}$$

В настоящий момент количество брака в год составляет 250 тыс. усл. кирп., следовательно 250 тыс. усл. кирп. \* 10 руб (снижение продажной цены) = 2500 тыс. руб./год.

В результате оптимизации количество брака снизится на 1/3, следовательно 2/3 \* 250 тыс. усл. кирп = 170 тыс. усл. кирп. \* 10 руб = 1700 тыс. руб./год.

2500 тыс. руб./год – 1700 тыс. руб./год = 800 тыс. руб в год – выгода от перехода на новое оборудование

### 8.3. Расчет годовой прибыли

Рыночная стоимость 1000 усл. шт. кирпича 16 000 руб.

Производительность многоковшового экскаватора до оптимизации: 65 м<sup>3</sup>/ч (75 000 000 усл. шт. кирпича)

Производительность внедряемого оборудования : 100 м<sup>3</sup>/ч (90 000 000 усл. шт. кирпича)

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Взам. инв. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Годовая прибыль от реализации, руб:

$$ПР = (Ц - S_e) \cdot П, \quad (8.12)$$

где Ц – цена, руб; П – производительность линии, усл. шт. кирпича

Прибыль от реализации продукции до внедрения нового оборудования:

$$ПР = (16000 - 5230,095) \cdot 75\,000\,000 = 807\,743\,000\,000 \text{ руб} = 807\,743 \text{ млн. руб} \quad (8.13)$$

Прибыль от реализации продукции после внедрения нового оборудования:

$$ПР = (16000 - 5866,719) \cdot 75\,000\,000 = 911\,995\,000\,000 \text{ руб} + 800\,000 \text{ руб} = 911\,995\,800\,000 \text{ руб} = 911\,995.8 \text{ млн. руб} \quad (8.14)$$

Увеличение прибыли за счет внедрения нового оборудования составит 104 252.8 млн. руб в год. Исходя из полученных данных переоборудование шихтозапасника окупится менее чем через год работы.

## 9 ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Охрана труда рассматривается как одно из важнейших социально-экономических, санитарно-гигиенических и экономических мероприятий, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда. Охрана здоровья рабочих и служащих в процессе исполнения трудовых обязанностей закреплена в трудовом законодательстве, непосредственно направленном на создание безопасных и здоровых условий труда. Кроме того, разработаны и введены в действие многочисленные правила техники безопасности, санитарии, нормы и правила, соблюдение которых обеспечивает безопасность труда. Ответственность за состояние охраны труда несет администрация предприятия, которая обязана обеспечивать надлежащее техническое оснащение всех рабочих мест и создавать на них условия работы, соответствующие правилам охраны труда, техники безопасности, санитарным нормам.

Одним из важнейших принципов организации производства является создание безопасных и безвредных условий труда на всех стадиях

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	



Окончание таблицы 9.1

Цех формовки, сушки, обжига	Ленточный вакуумный пресс СМК-133	1	7000	Удельное давление прессования 1,6 МПа	Отсутствуют	1	Шум, электрический ток, напряжение, движущиеся части оборудования
	Туннельная сушилка конструкции и Гипрострома	1	5228	tНАЧ=30-35оС tКОН=90-100оС	СО, NO2, пыль	3	Шум, повышенная температура воздуха рабочей зоны, электрический ток,
	Туннельная печь конструкции и Гипрострома	1	4280	tОБЖ=1000оС	СО, NO2, СН4	5	движущиеся части оборудования, внутри заводской транспорт, нагретые стенки технологического оборудования, взрывопожароопасные вещества

Повышение уровня шума оказывает вредное воздействие на организм человека. Производственные процессы на предприятии в разрабатываемом проекте

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

102

Инва. № подл. Подп. и дата  
Инва. № дубл. Подп. и дата  
Взам. инв. №  
Инва. № подл.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

сопровожаются шумом, не превышающим установленные нормы. Контроль шумового воздействия на производстве осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» и СН 3223-85 «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах».

Производственное оборудование цеха должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Производственное оборудование должно соответствовать требованиям безопасности в течение всего срока службы. Движущиеся (вращающиеся) части производственного оборудования, являющиеся источниками опасности должны быть ограждены сетчатыми или сплошными металлическими ограждениями в соответствии ГОСТ 12.2.062-81. Эксплуатация оборудования при снятых или неправильно установленных ограждениях запрещается ГОСТ 12.2.061-81. При применении сетчатого ограждения должны соблюдаться указанные в приложении 21 расстояния от опасного места до ограждения (Правила ТБ и ПС в ПСМ, часть I).

По электробезопасности цех в соответствии с требованием ПУЭ относится к категории с повышенной опасностью (2 класс).

Для защиты людей от поражения электрическим током производственное оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:

- 1) токоведущие части производственного оборудования являющиеся источником опасности должны быть надежно изолированы или расположены в недоступных для людей местах;
- 2) металлические части производственного оборудования, которые вследствие повреждения изоляции токоведущих частей могут оказаться под напряжением опасной величины, должны быть заземлены (занулены) согласно Правил ТБ и ПС в ПСМ, часть I.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Размещение производственного оборудования в производственных помещениях не должно представлять опасности для персонала и должно соответствовать действующим нормам технического проектирования СНиП и правилам ТБ и ПС в ПСМ, ГОСТ 12.2.061-81.

## 9.2 Микроклиматические условия

В проекте цеха производственный процесс на участках сушки и обжига оказывает негативное воздействие на качество воздуха за счет поступления теплоизбытков.

Таблица 9.2 - Характеристика процессов и оборудования, влияющих на микроклиматические параметры

Наименование цеха	Наименование оборудования	Количество оборудования, шт.	Теплоизбытки, кДж/ч	Характеристика помещения по теплоизбыткам, кДж/м <sup>3</sup> ч	Избытки влаги, кг/ч
Цех формования, сушки, обжига	Туннельная сушилка конструкции Гипростром	1	1388306,31	31,02	Отсутствуют
	Туннельная печь конструкции Гипростром	1	1789453,81	51,78	Отсутствуют

Общее количество удельных избытков явного тепла составляет 82,8 кДж/м<sup>3</sup>ч, что меньше показателя, при котором устанавливается аэрационный фонарь.

Контроль температуры воздуха в цеху осуществляется согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны», который устанавливает оптимальные и допустимые микроклиматические условия в зависимости от характера производственных помещений, времени года и категории выполняемой работы. Категория работ в цехе формования, сушки, обжига IIa (средней тяжести).

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

104

Лист Изм. № докум. Подп. Дата

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Таблица 9.3 - Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений для холодного и переходного периодов года для работ средней тяжести

Температура воздуха, оС		Относительная влажность, %			Скорость движения воздуха, м/с, не более	
оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	
18-20	17-23	60-40	75	0,2	0,3	

Для обеспечения нормальных метеорологических условий на участке формования, сушки и обжига предусмотрена теплоизоляция стенок оборудования и установка вентиляционной системы.

### 9.3 Выбор и расчет системы вентиляции

Уровни опасных и вредных производственных факторов в производственных помещениях и на рабочих местах не должны превышать величин, определяемых нормами, указанных в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Воздух рабочей зоны».

Для выбора системы вентиляции рассчитываем объем удаляемого воздуха и определяем кратность воздухообмена.

1) Объем удаляемого воздуха:

$$L_{уд}^{OB} = \frac{Q}{c \cdot \rho_{CP} \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (9.1)$$

где Q – избытки явного тепла, кДж/ч; c – теплоемкость воздуха, кДж/кг·град;  $\rho_{CP}$  – плотность воздуха при средней температуре, кг/м<sup>3</sup>; t<sub>1</sub> и t<sub>2</sub> – температура соответственно удаляемого и приточного воздуха, °С;

2) Плотность воздуха:

$$\rho_{CP} = \rho_0 \cdot (273/273 + t_{CP}), \quad (9.2)$$

где  $\rho_0 = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № инв.	Подп. и дата

$$\rho_{CP}=1,29 \cdot (273 / (273 + 34,6)) = 1,145 \text{ кг/м}^3 \quad (9.3)$$

Средняя температура:

$$t_{CP} = (t_{P3} + t_1) / 2 = (25 + 44,2) / 2 = 34,6^\circ\text{C}, \quad (9.4)$$

$$t_1 = t_{P3} + \Delta t \cdot (H - 2) = 25 + 3 \cdot (8,4 - 2) = 44,2^\circ\text{C}, \quad (9.5)$$

где  $t_{P3}$  – температура рабочей зоны;  $\Delta t$  – перепад температур по высоте помещения (2-5 °C/м);  $t_2$  – среднемесячная температура для наиболее теплого периода года (21,2 °C);  $H$  – высота помещения, м.

$$L_{уд}^{OB} = \frac{3177760,12}{2,24 \cdot 1,145 \cdot (44,2 - 21,2)} = 53869,47 \quad (\text{м}^3/\text{ч}) \quad (9.6)$$

Определяем кратность воздухообмена:

$$K = \frac{L_{уд}^{OB}}{0,8 \cdot V_{ПOM}} = \frac{53869,47}{0,8 \cdot 66528} = 1,01 \quad (9.7)$$

Поскольку кратность воздухообмена в цехе больше единицы, то для поддержания нормальных метеорологических условий в цехе необходимо установить общеобменную приточно-вытяжную систему вентиляции.

Таблица 9.4 - Характеристика вытяжной вентиляционной системы

Наименование участка, помещения	Предлагаемая система вентиляции и	Требуемый объем воздуха, тыс.м3/ч	Характеристика вентилятора				Дополнительное оборудование	Место размещения	Площадь, м2
			марка	Тип исполнителя	Производительность, тыс.м3/ч	Кол-во			
Цех формования, сушки, обжига	Общеобменная система вентиляции и	53,87	ЦВ-8	Центробежный вентилятор среднего давления	18	3			

Изм. № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Инв. №. Взам. инв. №. Подп. и дата.

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



Таблица 9.5 - Характеристика приточной вентиляционной системы

Наименование участка, помещения	Предлагаемая система вентиляции	Баланс воздуха	Характеристика вентилятора			Дополнительное оборудование	Место размещения	Площадь, м <sup>2</sup>
			марка	Производительность, тыс.м <sup>3</sup> /ч	Количество			
Цех формования, сушки, обжига	Общеобменная система вентиляции	53,87	ЦВ-8	16	3			

#### 9.4 Оценка взрывопожарной и пожарной опасности. Пожарная профилактика

В качестве топлива при работе сушила и печи для обжига кирпича используется природный газ, который считается пожаровзрывоопасным веществом (главной составляющей частью природного газа является метан CH<sub>4</sub>). Продукты горения природного газа (дымовые газы CO и NO<sub>2</sub>) вредные вещества. Метан - газ без цвета и запаха, почти в два раза легче воздуха, является горючим и взрывоопасным, коэффициент участия во взрыве 0,5. Теплота образования - 74,8 кДж/моль, теплота сгорания - 802 кДж/моль, температура самовоспламенения – 537°С. CO (оксид углерода (II)) – ядовитый газ без цвета и запаха, горючий легко воспламеняющийся, горит голубоватым пламенем, легче воздуха, температура кипения 81,63 К, температура плавления 68,03 К, плохо растворим в воде (2,3 объема CO на 100 объемов H<sub>2</sub>O при 293 К). Теплота образования – 110,5 кДж/моль, теплота сгорания - 283 кДж/моль, температура самовоспламенения – 605°С. NO<sub>2</sub> – оксид азота (IV) - бурый трудногорючий газ, получивший в промышленности название «лисий хвост», неспособный к горению на воздухе, но способный возгораться в воздухе от источника зажигания, оказывает вредное воздействие на организм человека.

Помещение цеха соответствует требованиям действующих отраслевых норм и правил (СНиП) и относится по пожарной безопасности к категории «Г». Пожаро- и взрывобезопасность технологических процессов осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.004-85 «Пожарная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.010-

Интв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Интв. № подл.		

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

## 9.5 Освещение

Естественное и искусственное освещение на предприятия в проектируемом заводе на участке формования, сушки и обжига должно соответствовать требованиям СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

## 1) Расчет естественного освещения.

Площадь оконных проемов:

$$S_0 = \frac{S_{\Pi} \cdot e_H \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \quad (9.8)$$

где  $S_0, S_{\Pi}$  – соответственно площадь окон и пола;  $e_H$  – нормированное значение коэффициента естественной освещенности, %;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $\eta_0$  – световая характеристика окон;  $\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания окон;  $r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение естественного освещения за счет света внутренних поверхностей помещения;  $K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями.

$$S_0 = \frac{7920 \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot 9,2 \cdot 1}{100 \cdot 0,5 \cdot 1,5} = 291,46 \quad (9.9)$$

Для окон применяем ленточные проемы. Деревянные блоки имеют ширину - 3 м, а высоту – 2,4 м. Устанавливаем 50 оконных проемов.

Тогда площадь оконных проемов составит 360 м<sup>2</sup>, что соответствует расчетам.

## 2) Расчет искусственного освещения.

Расчет количества светильников для системы общего освещения:

$$N = \frac{E \cdot S_{\Pi} \cdot Z \cdot K_3}{F \cdot \eta \cdot n}, \quad (9.10)$$

где  $E$  – нормированное значение освещенности для систем общего освещения, лк;  $S_{\Pi}$  – площадь пола, м<sup>2</sup>,  $Z$  - коэффициент, учитывающий равномерность освещения;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $F$  – световой поток источника света, лм; выбираем лампы накаливания мощностью 150 Вт;  $n$  – количество ламп в светильнике, шт;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока, в долях

Интв. № подл.	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Взам. инв. №
Интв. № инв.	Подп. и дата
Интв. № подл.	Подп. и дата

единицы.

Светильники 2-ой группы.

Индекс помещения:

$$i=(LП+В)/h_1 \cdot (LП+В), \quad (9.11)$$

где  $L_{П}$  – длина помещения, м;  $В$  – глубина помещения, м;  $h_1$  – высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна:  $h_1=H-1$ , где  $H$  – высота помещения.

$$h_1=8,4-1=7,4 \text{ м}$$

Для участка формования и сушки:

$$i=(54 +120)/7,4 \cdot (54+120)=0,435 \quad (9.12)$$

Для участка обжига:

$$i=(144 +18)/7,4 \cdot (144+18)=0,435 \quad (9.13)$$

$$N = \frac{50 \cdot 7920 \cdot 1,4 \cdot 1,5}{2000 \cdot 4 \cdot 0,24} = 433,13 = 434 \quad (9.14)$$

## 9.6 Охрана окружающей среды

При производстве керамического кирпича в туннельной сушилке и туннельной печи для обжига в качестве топлива используется природный газ. Продукты горения топлива содержат вредные вещества  $CO$  и  $NO_2$ , которые удаляются с дымовыми газами и оказывают вредное воздействие на атмосферу и окружающую природную среду.  $CO$  оказывает вредное воздействие на организм человека (угарный газ). При вдыхании оксид углерода блокирует поступление кислорода в кровь и вследствие этого вызывает головные боли, тошноту, а в более высоких концентрациях — даже смерть. ПДК  $CO$  при кратковременном контакте составляет  $30 \text{ мг/м}^3$ , при длительном контакте —  $10 \text{ мг/м}^3$ . Если концентрация оксида углерода во вдыхаемом воздухе превысит  $14 \text{ мг/м}^3$ , то возрастает смертность от инфаркта миокарда. Уменьшение выбросов оксида углерода достигается путем дожигания отходящих газов.

Оценка степени экологической опасности выброса  $CO$  и  $NO_2$  проводится

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

Лист

109

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

путем сравнения максимальной мощности выбросов вредных веществ с ПДВ (предельно допустимые концентрации).

1) Ориентировочная оценка выбросов CO в атмосферу:

$$G_{CO}=0,001 \cdot V \cdot Q_H^P \cdot K_{CO} \cdot (1-q_4/100), \quad (9.14)$$

где  $Q_H^P$  – низшая теплота сгорания топлива, мДж/кг;  $V$  – расход топлива, т/год;  $K_{CO}$  – коэффициент для различных видов топлива;  $q_4$  – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, %.

$$G M_{maxCO}=0,001 \cdot 3997,32 \cdot 35,76 \cdot 0,28 \cdot (1-0,9/100)=0,04 \text{ (г/с)} \quad (9.15)$$

2) Количество оксидов азота в пересчете на NO<sub>2</sub>, выбрасываемых в единицу времени:

$$G_{NO_2}=0,001 \cdot V \cdot Q_H^P \cdot K_{NO} \cdot (1-\beta), \quad (9.16)$$

где  $V$  – расход топлива, г/с;  $Q_H^P$  – низшая теплота сгорания топлива, мДж/кг;  $K_{NO}$  – параметр, характеризующий количество оксидов азота образующихся на 1 кДж тепла;  $\beta$  – коэффициент, зависящий от состава топлива;

$$G_{NO_2}=0,001 \cdot 3997,32 \cdot 35,76 \cdot 0,07 \cdot (1-0,01)=9,91 \text{ (г/с)} \quad (9.17)$$

3) Расчет ПДВ для выбросов CO.

$H=35$  м;  $D=1,5$  м;  $\omega_0=6$  м/с;  $T_{ог}=250^\circ\text{C}$ ;  $T_{ос}=17,4^\circ\text{C}$ ;  $ПДК_{MP}=0,00077\text{мг/м}^3$ .

$$\Delta T=T_{ог}-T_{ос}=250-17,4=232,6^\circ\text{C}, \quad (9.18)$$

находим величину вспомогательного параметра  $f$ :

$$f=10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}=10^3 \cdot \frac{6^2 \cdot 1,5}{35^2 \cdot 232,6}=0,19, \text{ м} \quad (9.19)$$

Поскольку выбросы горячие расчет величины ПДВ ведем по выражению:

$$ПДВ=\frac{(ПДК_{MP}-C_\phi) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T} \quad (9.20)$$

$C_\phi=0,5 \cdot ПДК_{MP}$ ;  $A=160$ ;  $F=1$ ;  $\eta=1$ .

Объем газовой смеси:

$$V_1=\pi \cdot D^2 \cdot \omega_0/4=3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 6/4=10,6 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.21)$$

Оценим значение вспомогательных параметров  $m$  и  $n$ .

$$V_M=0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}=0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{10,6 \cdot 232,6}{35}}=2,68 \quad (9.22)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	



$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,19} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,19}} = 1,1 \quad (9.34)$$

Учитывая, что  $f < 100$  и  $V_M > 2$ , величина  $n = 1$ .

Величина ПДВ по проектируемому производству составляет:

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{MP} - C_{\phi}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T} = \frac{(0,00198 - 0,00099) \cdot 35^2}{160 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{10,6 \cdot 232,6} = 8,74 (г/с) \quad (9.35)$$

$M_{\max NO_2} < ПДВ$ , поэтому дополнительная очистка выбросов  $NO_2$  не требуется.

Вода в цехе формования, сушки, обжига для производственных нужд не используется, поэтому производственное (технологическое) водоснабжение для технологических целей отсутствует. Вода на данном участке используется только для хозяйственно-бытовых нужд, для этого устанавливается хозяйственно-питьевое водоснабжение, которое должно обеспечивать подачу доброкачественной воды для хозяйственно-бытового потребления. Система канализации – хозяйственно-бытовая. Водоснабжение и канализация регулируются ГОСТ 2874-82, СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий», СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», СНиП 2.04.03-85 «Канализация наружные сети и сооружения». Хозяйственно-бытовые стоки с участка направляются в общую систему канализации.

Технологические отходы производства (брак формования, обжига) возвращаются в производство. Брак формования возвратный, а брак обжига используют в качестве шамота для приготовления шихты.

Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № дубл.	Взам. инв. №
Инт. № подл.	Подп. и дата
Инт. № подл.	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахимов, В.З. Фазовый состав керамических изделий на основе отходов горючих сланцев, углеобогащения, нефтедобыче и золошлаковых материалов / В.З. Абдрахиов, Е.С Абдрахимова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013 г. – Т. 15. – № 4. – С. 82– 95.

2. Кондратенко, В.А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств / В.А.Кондратенко – М.: Композит, 2005. – 512 с.

3. Августинник, А.И. Керамика / Л., – 2-е изд., перераб. и доп. – Стройиздат (Ленингр. отд-ние), 1975. – 592 с.

4. Горгодзе, Г.А. Кристаллообразование в модифицированных кристаллических структурах / Г.А. Горгодзе, Г.А. Зимакова // Вестник Тюменского государственного университета. – 2012. – № 5. – С. 92–95.

5. Устиченко, В.А. Огнеупоры на основе плавленного муллита / Н.В Питак., А.А. Коровянская // Огнеупоры. – 1986. С. 14–18.

6. BS 6699:1992. Specification for ground granulated blastfurnace slag for use with Portland cement. – BSI, 1992. – 20 pages.

7. Кащук, И.В. Региональные аспекты формирования цены при комплексной оценке сырья для производства строительной керамики / И.В. Кащук // Вестник ТГПУ. Серия «Гуманитарные науки (Экономика, право)». – 2007. Вып. 9. – С. 28-30.

8. Бурученко, А.Е. Возможность использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов / А.Е. Бурученко // Вестник Технические и физико-математические науки. Строительное материаловедение и производство. – 2013. – С. 7–14.

9. ГОСТ 530 – 2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.

10. Вакалова, Т.В. Управление процессами фазообразования и формирование структуры и функциональных свойств алюмосиликатной керамики.: дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук / Т.В. Вакалова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.

Инв. № подл.	Полп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Полп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

11. Беркман А.С., Структура и морозостойкость стеновых материалов / А.С. Беркман, И.Г. Мельникова. – М.: Госстройиздат (Ленингр. отд-ние), 1962. 166 с.

12. Стрелов, К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К.К. Стрелов. – М.: Metallurgy, 1985. – 504 с.

13. Okada, K. The process of formation of mullite, mullite and composite materials based / K. Okada, N. Otsuka II Proc. Int. Conf. Mullite. – Tokyo: Westville, 1987. 375–378 p.

14. Устиченко, В.А. Формирование муллита и его свойства / В.А. Устиченко, Н.В. Питак, В.С. Шаповалова // Огнеупоры. – 1990. – № 7. – С. 19–24.

15. Пащенко, А.А. Физическая химия силикатов / А.А. Пащенко. – М.: Высшая школа, 1986. – 368 с.

16. Баринава, Л.С. Промышленность строительных материалов неотъемлемая часть строительного комплекса Российской Федерации / Л.С. Баринава, В.В. Миронов, К.Е. Тарасевич // Строительные материалы. – 2000. – № 8. – С. 4–7.

17. Баринава, Л.С. Состояние и перспективы развития промышленности строительных материалов / Л.С. Баринава // Строительные материалы. 1999. – №9. – С.3–6.

18. Стрелов, К.К. Образование муллита короткопризматической, изометричной формы и его влияние на огнеупорность и износ шамотных изделий / К.К. Стрелов, Т.Ф. Райченко // Огнеупоры. 1961. – № 9. – С. 431–436.

19. Высокотемпературная химия силикатов и окислов / под. ред. Э.К. Келера. – Труды Третьего Всесоюз. совещ. – Л: Наука, 1972. – 211 с.

20. Синтез минералов / В.Е. Хаджи, Л.И. Цинобер, Л.М. Штеренлихт и др. – М.: Недра, 1987. – Т 2. – С. 140–142.

21. Будников, П.П. Обжиг фарфора / П.П. Будников, Х.О. Геворьякин. – М.: Стройиздат, 1972. – 346 с.

22. ГОСТ 32026 – 2012. Сырье глинистое для производства керамзитовых гравия, щебня и песка. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 31 с.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	



23. Веревкин, К.А. Керамический лицевой кирпич на основе высокожелезистых глин редуционного обжига: дис. на соискание степени канд. техн. наук: / К.А. Веревкин. – Ростов –на-Дону: ФГБОУ ВПО ЮжноРоссийский государственный технический универ., 2011. – 23 с.

24. Гладышев, Н.Г. Теория и исследование рециклинга в технопарковых кластерах обращения с отходами / Н.Г. Гладышев // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. С. 42–44.

25. Гладышев, Н.Г. Обращение с отходами. Организационнотехнические решения / Н.Г. Гладышев // Экология и промышленность России. – 2007. – № 9. С. 28 – 31.

26. Липнов, И.Н. Комплексная переработка магнийсодержащих шламов в высоколиквидные материалы. Часть 2. Получение оксида магния и карналлита из техногенного сырья / И.Н. Липунов, И.Г. Первова, А.Ф. Никифоров // Металлург. – 2015. Т. 4, № 4. С. 11 – 15.

27. Салахов, А.М. Совершенствование технологии производства строительной керамики и расширение номенклатуры изделий / А.М. Салахов, В.П. Морозов, Г.Р. Туктарова // Стекло и керамика – 2005. – № 3. – С. 18–24.

28. Nguyen, L.H. Influence of the volume fraction and the nature of fine lightweight aggregates on the thermal and mechanical properties of structural concrete / L.H. Nguyen, A.L. Beaucour, S. Ortola, A. Noumowé // Constr. Build. Mater. (51) – 2014. P. 121–132.

29. Kemethmüller, S. Quantitative analysis of crystalline and amorphous phases in glass–ceramic composites like LTCC by the Rietveld method / A. Roosen // J. Am. Ceram. Soc. 89 (8) – 2006. – P. 2632–2637.

30. Erol, M. Production of glass-ceramics obtained from industrial wastes by means of controlled nucleation and crystallization / S. Küçükbayrak, A. ErsoyMeriçboyu // Chem. Eng. J. 132 – 2007. P. 335–343.

31. Ke, Y. Influence of volume fraction and characteristics of lightweight aggregates on the mechanical properties of concrete / A.-L. Beaucour, S. Ortola, H. Dumontet, R. Cabrillac, R, Constr. Build. Mater. 23 – 2009. P. 2821–2828.

Интв. № подл.	Интв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ



44. Selladurai, M. Synthesis, thermal and mechanical properties of modified PMR/carbon fiber composites / M. Selladurai, P.R. Sundararajan, M. Sarojadevi //
45. Francis, A.A. Crystallization kinetic of glass particles prepared from a mixture of coal ash and soda-lime cullet glass / A.A. Francis, R.D. Rawlings, R. Sweeney, A.R. Boccaccini. // J. Non-Cryst. Solids 333 – 2004. – P. 187–193.
46. Fenelonov, V.B. The properties of cenospheres and the mechanism of their formation during high-temperature coal combustion at thermal power plans / V.B. Fenelonov, M.S. Mel'gunov, V.N. Parmon // Kona Powder Part. J. 28 – 2010. – P. 189–208.
47. Erol, M Production of glass-ceramics obtained from industrial wastes by means of controlled nucleation and crystallization / M. Erol, S. Küçükbayrak, A. Ersoy-Meriçboyu // Chem. Eng. J. 132 – 2007. – P. 335–343.
48. ГОСТ 21216–2014. Сырье глинистое. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2015. – 40 с.
49. ГОСТ 9169 – 75. Сырье глинистое для керамической промышленности. Издание с изменениями № 1, 2, 2001. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
50. ТУ 1916 – 109 – 71 – 2000. Графит искусственный измельченный.
51. ГОСТ 23732 – 2011. Вода для бетонов и строительных растворов. – М.: Стандартиформ, 2012. – 12 с.
52. ГОСТ 3351 – 74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности (с Изменением № 1). – М.: Стандартиформ, 2010. – 8 с.
53. ГОСТ 7025 – 91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. – М.: Стандартиформ, 2006. – 10 с.
54. ГОСТ 8462 – 85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
55. ГОСТ379-2015. Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2015. – 22 с.

Инд. № подл.	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ

56. Садунас, А.С. Морозостойкость стеновых керамических изделий и скоростные методы ее определения / А.С. Садунас. –М.: ВНИИЭСМ, 1979. – 57 с.

57. Математическое планирование эксперимента: учебно-методическое пособие – Е.В. Кузнецова. –Пермь: Перм. гос. техн. Ун-т, 2011. – 35 с.

Инв. № подл	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2020.320.255.00.00 ПЗ		
					Лист 118		

