

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Создание ресурсосберегающей технологии шамотных изделий марки
MAGSTONE A30

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 18.01.03.2020.211.090 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ Т.В. Баяндина
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 509
_____ Т.А. Акшинцева
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Акшинцева Т.А. Создание ресурсосберегающей технологии шамотных изделий марки MAGSTONE A30 Челябинск: ЮУрГУ, ТТС, 2020, 60с., 6 ил., библиогр. список – 18 наим., 6 приложений.

Объектом выпускной квалификационной работы является производство огнеупорных шамотные изделий MAGSTONE A30.

В выпускной квалификационной работе рассмотрено создание ресурсосберегающей технологии вибролитых шамотных изделий путем вовлечения в производство вторичных шамотных огнеупоров. Дана характеристика сырья, описана технологическая схема производства, контроль производства. С учетом заданной годовой производительности составлен материальный баланс производства, определены расходные коэффициенты сырья, подобрано и рассчитано необходимое количество единиц механического оборудования, определена себестоимость готовой продукции.

					18.03.01.2020.211.090 ПЗ ВКР			
Изм	Дата	№ докум.		Дата				
Разраб.	Акшинцева Т.А.				Создание ресурсосберегающей технологии шамотных изделий марки MAGSTONEA30	Литера	Лист	Листов
Проверил	Баяндина Т.В.					Д	5	64
Н.контр.	Микерина О.С.				ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ТТС» гр.ДО-509			
Утв.	Виноградов К.М.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	8
2 ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИЗМЕНЕНИЮ В СУЩЕСТВУЮЩУЮ ТЕХНОЛОГИЮ.....	12
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	12
3.1 Характеристика сырья.....	12
3.2 Технология производства.....	14
3.3 Материальный баланс производства.....	17
3.4 Контроль производства.....	18
4 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	25
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	29
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	41
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	44
8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	57
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А Характеристика исходного сырья	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Технологическая схема производства.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ В Оборудование.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Туннельное сушило.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Схема автоматизации туннельного сушило	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Техно-экономические показатели производства.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современная концепция развития огнеупорной промышленности заключается в переходе на производство ресурсосберегающих технологий. Одной из таких ресурсосберегающих технологий может быть технология получения огнеупорных бетонных изделий на основе вторичных шамотных огнеупоров. Использование вторичных огнеупоров в производстве огнеупорных бетонных изделий позволяет получить значительную экономию огнеупорного сырья, топлива, электроэнергии и трудовых ресурсов.

Цель работы – создание ресурсосберегающей технологии шамотных изделий марки MAGSTONA 30.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– провести сравнительный анализ технологии огнеупорных бетонов в России и за рубежом;

– изучить характеристику сырья для получения шамотных изделий марки MAGSTONA 30;

– описать технологию производства данных изделий;

– составить материальный баланс производства с учетом заданной годовой производительности;

– изучить контроль производства;

– подобрать и рассчитать необходимое количество единиц механического оборудования с учетом заданной годовой производительности;

– провести теплотехнические расчеты производства с учетом заданной годовой производительности;

– предложить автоматизацию и механизацию производства;

– изучить безопасность жизнедеятельности на производстве;

– Рассчитать себестоимость продукции по разработанной ресурсосберегающей технологии.

Объект работы –ресурсосберегающая технология шамотных изделий марки MAGSTONA 30.

Результаты работы могут быть рекомендованы для внедрения в производство по выпуску огнеупорных бетонных изделий на основе вторичных шамотных огнеупоров.

1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Наряду с порошковыми огнеупорами, термобработанными, обожженными, литыми изделиями, в огнеупорном производстве изготавливают и бетонные (безобжиговые) изделия.

Основным сырьем для получения огнеупорных бетонов являются природное сырье и искусственные огнеупорные материалы. Анализ научно-технической литературы показал, что в качестве заполнителя можно использовать и вторичные огнеупоры.

Огнеупорные бетоны представляют собой дисперсные системы, состоящие из заполнителя и цемента, вяжущего и добавок.

Для получения качественных огнеупорных бетонов необходимо обеспечить плотную укладку зерен. Это может быть достигнуто путем правильного подбора зернового состава заполнителя. Зерновой состав заполнителей обычно рассчитывают по определенным формулам, которые известны из строительного материаловедения.

Так по Фуллеру плотная упаковка заполнителя в бетонах получается при условии

$$y_i = \left(\sqrt{\frac{d_i}{D}} \right) 100 \%, \quad (1)$$

где y_i – количество фракции, проходящей через сито с ячейкой размером i ; D – диаметр самой крупной фракции смеси, мм; d_i – размер любой, заранее заданной промежуточной фракции смеси, мм.

Для огнеупорных бетонных смесей зерновой состав плотных упаковок может быть подобран по формуле,

$$y = \left[\alpha + (1 - \alpha) \left(\frac{d_i}{D} \right)^n 100 \right], \quad (2)$$

где α – коэффициент, зависящий от типа массы и количества тонкозернистого компонента (цемента); колеблется в пределах $0 < \alpha < 0,4$; n – показатель, характеризующей распределение узких фракций внутри грубозернистой составляющей смеси и учитывающий соотношение грубозернистой и тонкозернистой составляющих в смеси ($n = 0,5 \div 0,9$),

Оптимальные соотношения α и n при заданном D находят опытным путем [1].

Для достижения плотной укладки зерен необходимо наличие микрозернистого материала или цемента. Он не только позволяет получить плотную упаковку зерен, но и с вяжущим веществом обеспечивает огнеупорному бетону после твердения заданные свойства. Обычно огнеупорный цемент получают из того же материала, что и заполнитель.

Для изготовления огнеупорных бетонов необходимы вяжущие [1].

Вяжущие для огнеупорных бетонов классифицируют на пять видов: гидратационные, силикатные, фосфатные, сульфатно-хлоридные и органические.

Гидратационные вяжущие представляют собой дисперсные системы, в которых дисперсная фаза представлена высокоглиноземистым, глиноземистым, барийалюминатным, периклазоалюминатным и портландским цементами, а дисперсионная среда – водой [1].

Силикатные вяжущие - дисперсные системы, в которых дисперсная фаза представлена различными огнеупорными цементами, а дисперсионная среда — щелочными силикатами, этиленликататами, кремнезолом и другими растворами, содержащими золи кремнекислоты, стабилизированные различными (главным образом щелочными) добавками [1].

Фосфатные вяжущие - дисперсные системы, в которых в качестве дисперсной фазы используют различные огнеупорные цементы, а в качестве дисперсионной среды - ортофосфорную кислоту (H_3PO_4) или водные растворы фосфатов. Обычно

В фосфатных вяжущих используют растворы следующих фосфатов: $Al(H_2PO_4)_3$, $Al_2(HPO_4)_3$, $ALPO_4$ алюмофосфатные связки, $((Al, Cr)_2(HPO_4)_3)$ алюмохромфосфатная связка, $Mg(H_2PO_4)_2$ – магнийфосфатная связка, $Ca(H_2PO_4)_2$ – кальцийфосфатная связка, $(NaPO_3)_n$ – полифосфат натрия, $Na_5P_3O_{10}$ – триполифосфат натрия. Кроме этих основных солей, используют технические смеси ортофосфорной кислоты с глиной (глинистофосфатная связка), с доломитом (доломитофосфатная связка) [1].

Сульфатно-хлоридные вяжущие – это дисперсные смеси, в которых дисперсная фаза представлена преимущественно магнезиальными цементами, а дисперсионная среда – сульфатами или хлоридами магния, железа и алюминия. Кроме этих соединений, могут быть использованы отработанные растворы травильных ванн [1].

Органические вяжущие – дисперсные системы, в которых дисперсная фаза представлена различными огнеупорными цементами, а дисперсионная среда - органическими соединениями – термореактивными смолами, пеками, СДБ и другие [1].

Возможны комбинированные вяжущие, состоящие из смесей различных цементов и химических связок [1].

До сих пор микрозернистый наполнитель и химическая связка подбираются опытным путем.

Анализ научно-технической литературы показал, что в России существует производство огнеупорных бетонов. Информация о производстве огнеупорных бетонов за рубежом отсутствует.

Огнеупорные бетоны можно получать по двум технологиям.

По первой технологии, наполнители и огнеупорные цементы смешивают в бетонах смесителях (сухое смешивание) и получают унифицированные сухие бетонные смеси, которые или отгружают потребителям в сухом виде, или добавляют к смесям и используют для приготовления бетонных масс. Массы, используемые для изготовления бетонных изделий, уплотняют методом прессования, уплотнения, вибрация или литье.

По второй технологии производят совместное шлифование оригинала

материалы для цемента, сухой соли и различных добавок. Эти тонко измельченные смеси загружаются вместе с заполнителем в бетонных смесителях, смешиваются и он поставляется потребителям в виде сухих бетонных смесей. К этим смесями потребителю нужно только добавить воду для получения бетонных масс. Сам производитель может получить бетонные массы, добавив воду, а затем доставить потребителям или использовать для производства бетонных изделий различными методами.

Чаще всего огнеупорные бетоны изготавливают по первой технологии.

Таким образом, сравнительный анализ производства Бетонные массы поставляются потребителям для производства или восстановления монолитных накладки тепловых агрегатов различными способами: трамбовка, вибролитьем и торкретированием. огнеупорных бетонов показал, что в качестве заполнителя можно использовать вторичные огнеупоры, а получать огнеупорные бетонные изделия можно методом виброуплотнения.

2 ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО РАЗРАБОТКЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

Современная концепция развития огнеупорной промышленности заключается в переходе на производство ресурсосберегающих технологий. Одной из таких ресурсосберегающих технологий может быть технология получения огнеупорных бетонных изделий на основе вторичных шамотных огнеупоров.

Использование вторичных огнеупоров в производстве огнеупорных бетонных изделий позволяет получить значительную экономию огнеупорного сырья, топлива, электроэнергии и трудовых ресурсов.

Получать огнеупорные бетонные изделия на основе вторичных огнеупоров будем путем виброуплотнения.

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Характеристика исходного сырья

Для изготовления блочных изделий из брака, в качестве заполнителя используют брак обжига шамотных изделий следующих фракций, мм: 6–3; 3–1; 1–0 и 0,063–0 мм.

Рассмотрим сырье, применяемое для изготовления продукции, его состав и свойства; имеющиеся ГОСТы и ТУ на сырье, примеси, влияющие на качество сырья и готовой продукции.

Для изготовления блочных изделий из брака марки МК–75 методом виброформовочная используют следующие исходные материалы:

–шамот марки ШГАР–42 фр. 6–3, 3–1, 1–0 и 0,063 мм, соответствующий требованиям ВТИ 72664728–402–2017;

–шамот марки ШК–42 фр. 6–3, 3–1 и 1–0 мм соответствующий требованиям, указанным в таблице 1;

–глиноземистый цемент марки SRB710, соответствующий требованиям, указанным в таблице 2;

–микрокремнезем марки МК–95, соответствующий требованиям, указанным в таблице 3;

–связующая смесь марки SG–AL75L;

–полифосфат натрия;

–волокно строительное микроармирующее марки ВСМ–11-6 по ТУ 8872–006-13429727–2007;

–лимонная кислота;

Требования, предъявляемые к шамоту марки ШК–42 фр. 6–3, 3–1, и 1–0 мм., глиноземистому цементу марки SRB710, микрокремнезему марки МК–95, указаны в таблицах 1; .2 и.3.

Таблица 1 –Требования, предъявляемые к шамоту марки ШК–42

Наименования показателей	Значения		
	фракции 6–3 мм	фракции 3–1 мм	фракции . 1–0 мм
1 Массовая доля, % Al ₂ O ₃ , не менее Fe ₂ O ₃ , не более		42,0 3,6	
2 Массовая доля зерен, %	15	–	–
Остаток на сетке № 6, не более	25–40	–	–
Зерен фр. 6–5 мм в пределах	20–30	–	–
Зерен фр. 5–4 мм в пределах	15–25	–	–
Зерен фр. 4–3,2 мм в пределах	–	10	–
Остаток на сетке № 3,2 не более	15	–	–
Проход через сетку № 3,2, не более			

Зерен фр. 3,2–2 мм в пределах	–	40–60	–
	–	40–60	–

Окончание таблицы 2

Шгар-42

Наименования показателей	Значения		
	фракции 6–3 мм	фракции. 3–1 мм	фракции . 1–0 мм
1 Массовая доля, %			
Al ₂ O ₃ , не менее	42,0		
Fe ₂ O ₃ , не более	3,6		
Зерен фр. 2–1 мм в пределах	–	–	–
Остаток на сетке № 1 не более	–	–	–
Проход через сетку № 1 не более	–	–	10
Зерен фр. 1–0,5 мм в пределах	–	10	–
Зерен фр. 0,5–0,2 мм в пределах	–	–	25–45
Зерен фр. 0,2–0,1 мм в пределах	–	–	25–45
Проход через сетку № 0,1 в пределах	–	–	10–25

Таблица 3. – Требования, предъявляемые глиноземистому цементу марки SRB 710

Наименования показателей	Значения
Al ₂ O ₃ , не менее	70,0
Сао, не более	29,0

Таблица 4 – Требования, предъявляемые к микрокремнезему марки МК-95

Наименование показателя	Значение
1 Массовая доля, %	
SiO ₂ , не менее	93,0

Состав шихты для приготовления массы для формирования изделий марки MAGSTONEA30, указан в таблице 3.4.

Таблица 5 – Состав шихты для приготовления массы для формирования изделий марки MAGSTONEA30

Компоненты шихты	Массовая доля, %		
1. Шамот марки ШГАР –42, фр., 6–3 мм	25±3	–	–
2. Шамот марки ШГАР –42, фр., 3–1 мм	18±2	–	–
3. Шамот марки ШГАР –42, фр., 1–0 мм	17±2	–	–

4. Шамот марки ШГАР –42, фр., 0,63–0 мм	20±2	20±2	20±2
5. Шамот марки ШГАР –42, фр., 6–3 мм	–	25±3	25±3
6. Шамот марки ШГАР–42, фр., 3–1 мм	–	18±2	18±2
7. Шамот марки ШГАР –42, фр., 1–0 мм	–	17±2	17±2
8. Связующая смесь марки SG–AL75L	–	5±0,5	–
9. Глиноземистый цемент марки SRB710	15±1,5	15±1,5	15±1,5
10. Микрокремнезем марки МК–95	5±0,5	–	5±0,5
11. Полифосфат натрия	0,08±0,02	–	0,08±0,02
12. Волокно строительное	0,08±0,01	0,08±0,01	0,08±0,01
13. Лимонная кислота	–	–	0,058±0,01

3.2 Описание технологии производства

Шамот марки ШГАР–42 заданных фракций 6–3 мм; 3–1 мм; 1–0 мм; 0,063–0 мм; поступает из дробильного отделения. Шамот в отделение привозят автотранспортом, и складировать в накопительные бункера по фракционной. Глиноземистый цемент и связующую смесь поставляется автотранспортом в МКР.

Далее производится дозирование весовой тележкой. От дозированной масса засыпается в кубель. Далее кубель подают к смесителю интенсивного действия для приготовления заливочной массы. Смешение в течении 5 минут производится на сухую массу, далее добавляется вода 5–7 %, температурой в пределах 10–25 °С – в летнее время, а в зимнее время рекомендуется применять воду, подогретую до 40 °С. После увлажнения массу перемешивают в течении 3–4 минут.

Состав шихты для шамотных блоков из брака обжига шамотных изделий должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.5.

Таблица 6 – Состав шихты для шамотных блоков

Наименование	Массовая доля, %
Брак обжига шамотных изделий фр. 6–3 мм	42
Брак обжига шамотных изделий фр. 3–1 мм	25
Брак обжига шамотных изделий фр. 1–0 мм	18
Глиноземистый цемент фр. 0,063–0 мм	25
Микрокремнезем	5,0
Полифосфат натрия (сверх 100%)	0,2
Вода (сверх 100%)	5–7
Примечание: допускается корректировка состава шихты и количества воды под контролем	

Увлажненная масса подается на пост формования. Бетон должен быть использован до начала его схватывания; как правило, рекомендуется завершить укладку бетона в течении 30 минут.

Опалубка, установленная на посту формирования, смазывается минеральным маслом или литолом, должна обладать достаточной механической прочностью с тем, чтобы при заливке не происходила ее деформация; стыки отдельных элементов опалубки должны быть герметичными, в противном случае мелкодисперсная часть массы будет вытекать из опалубки.

Бетонную массу необходимо заливать через подготовленный в опалубке ячейки лючок при постоянном воздействии погружного вибратора; ячейку необходимо заполнять полностью, проталкивая новые порции массы руками в резиновых перчатках до заполнения бетоном контрольных отверстий и появления глухого звука при простукивании в углах опалубки.

Укладку бетонной смеси производить на вибростоле при определенной частоте и амплитуды в течении 3–4 минут.

При методе вибротитья необходим точный контроль за наполнением форм смесью, так как малейшее расхождение с нормой, даже в несколько миллиметров, может создать в дальнейшем массу неудобств, связанных с применением. После процесса вибрационной обработки, формы снимают с вибростола и отправляют выстаиваться в теплое место (температура 30–40 °С) примерно на 18–24 часов. После предварительной сушки, изделие набирает прочность и готово для извлечения. Формы разбирают, изделия извлекают и отправляют на сушку. График сушки указан на рисунке 1.

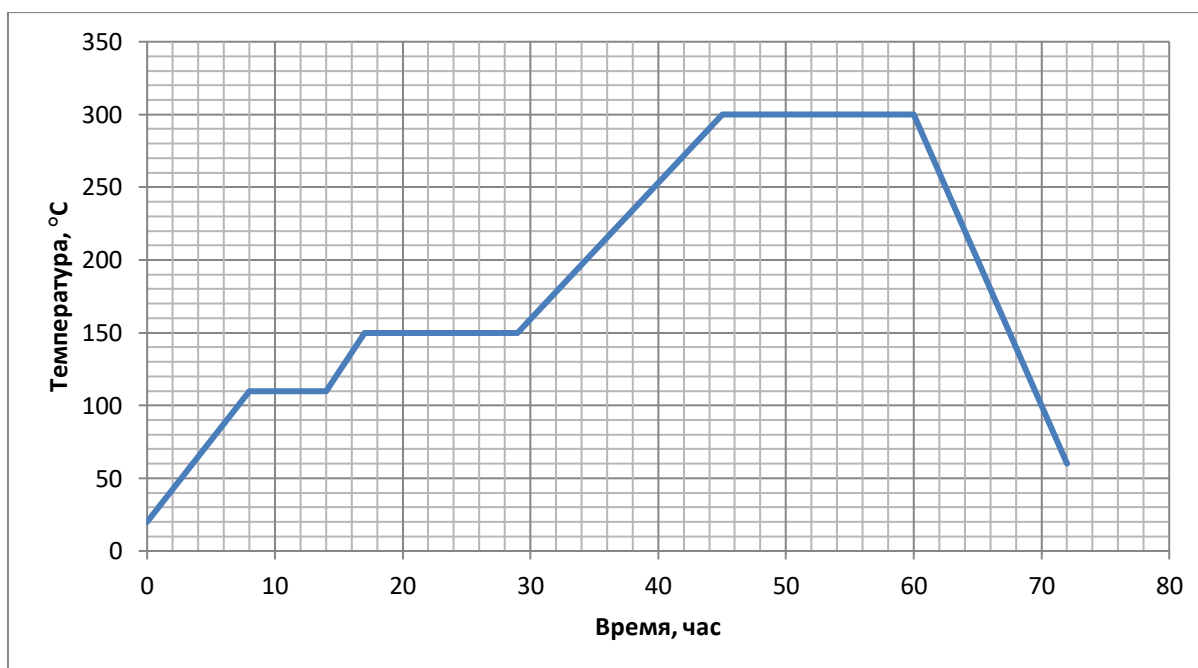


Рисунок 1 – График сушки блочных шамотных изделий марки MAGSTONE A30

Представленный метод вибротитья имеет низкий уровень производительности, в данном методе просматривается отсутствие автоматизации, что влечет за собой использование дорогого ручного труда.

Технологическая схема изготовления блочных шамотных изделий марки методом вибороформования указан на рисунке 2.

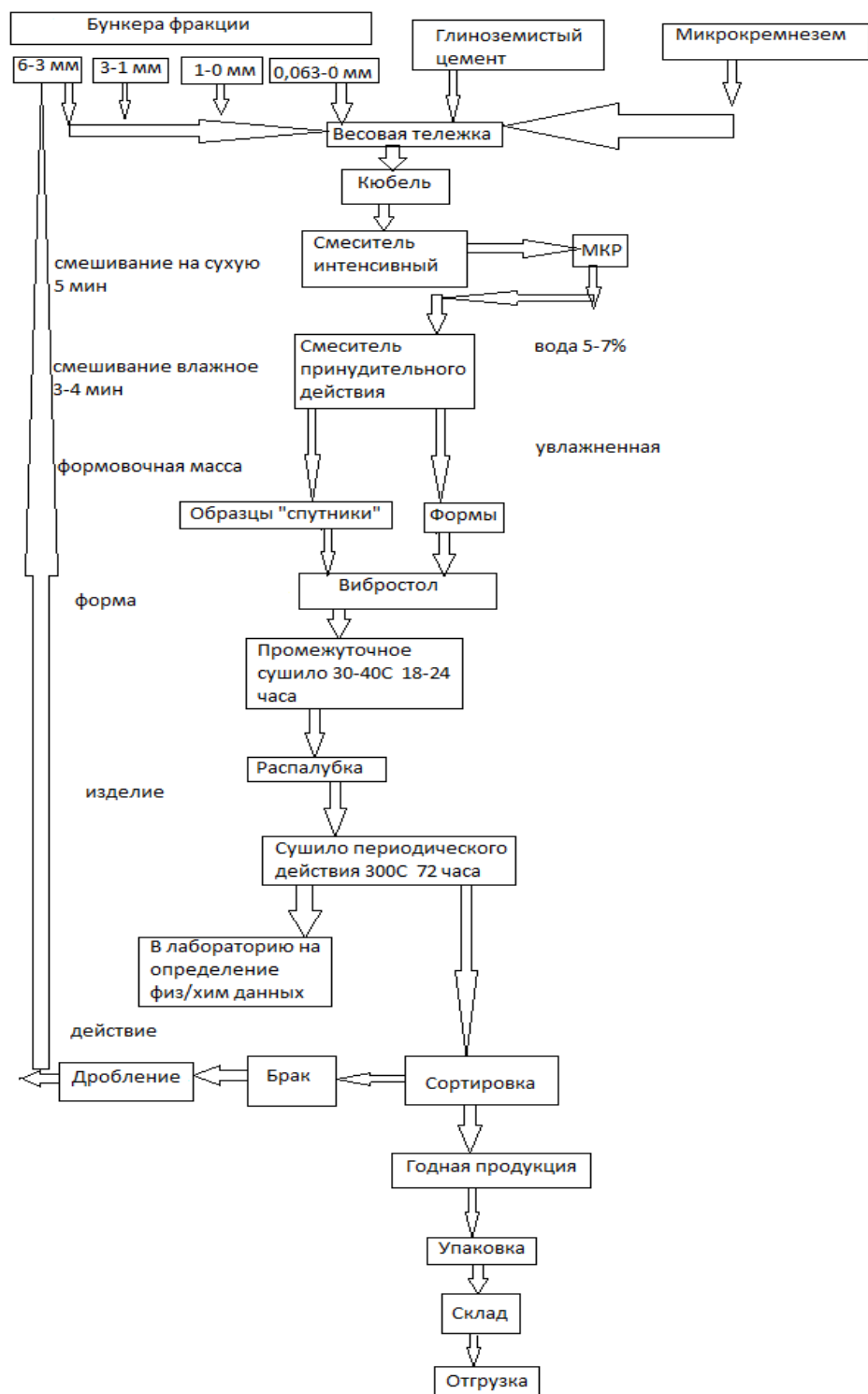


Рисунок 2 – Технологическая схема производства блоков

Таким образом, вся технологическая линия по производству огнеупорных изделий марки MAGSTONE A30 состоит из определенных стадий : подготовки порошков, смешении, вибороформования, сушки, обжига, сортировка готовых

изделий. А завершающим этапом является определения продукции в брак или потребителю. Каждый этап очень важен для производства огнеупорных изделий марки MAGSTONE A30 и в дальнейшем отражается на качестве выпускаемой продукции.

3.3 Материальный баланс производства

Для обеспечения годовой производительности задано 50 000 т/год готовых бетонных изделий необходимо определить количество сырья.

Производительность 50 000 т/год.

Материальный баланс

1. Сортировка, упаковка (потери 3%):

$$50000 \cdot 100 / (100 - 3) = 51546 \text{ т.} \quad (3)$$

Потери при сортировке:

$$51546 - 50000 = 1546 \text{ т.} \quad (4)$$

Возвращается в производство: $1546 \cdot 0,97 = 1500 \text{ т.}$

$$\text{Безвозвратные потери: } 1546 - 1500 = 46 \text{ т.} \quad (5)$$

2. Выход после сушки (потери 8%):

$$51546 \cdot 100 / (100 - 8) = 56028 \text{ т.}$$

Потери при сушке:

$$56028 - 51546 = 4482 \text{ т.} \quad (6)$$

3. Формуется изделий по фактической массе с учетом брака (потери 3%):

$$56028 \cdot 100 / (100 - 3) = 57761 \text{ т.} \quad (7)$$

Брак формовки: $57761 - 56028 = 1733 \text{ т.}$

(8)

Возвращается в производство: $1733 \cdot 0,98 = 1698 \text{ т.}$

(9)

Безвозвратные потери: $1733 - 1698 = 35 \text{ т.}$

4. Подано в смесительный бегун сухой смеси (потери 2%):

$$57761 \cdot 100 / (100 - 2) = 58940 \text{ т.} \quad (10)$$

Потери при смешении:

$$58940 - 57761 = 2179 \text{ т.} \quad (11)$$

5. Потери на транспортировку (потери 1 %)

$$58940 \cdot 100 / (100 - 1) = 59535 \text{ т.} \quad (12)$$

Безвозвратные потери $59535 - 58940 = 595 \text{ т.}$

(13)

6. Потребность в каждой составляющей шихты:

– брак обжига шамотных изделий фр. 6–3 мм: $58940 \cdot 0,32 \% = 13693$ т; (14)

– брак обжига шамотных изделий фр.3–1 мм: $58940 \cdot 0,25 \% = 15181$ т; (15)

– брак обжига шамотных изделий фр.1–0 мм: $58940 \cdot 0,18 \% = 12505$ т; (16)

– глиноземистый цемент фр. 0,063–0 мм: $58940 \cdot 0,25 \% = 13693$ т; (17)

–микрокремнезем: $58940 \cdot 0,05 \% = 2977$ т; (18)

– полифосфат натрия: $58940 \cdot 0,025 \% = 1488$ т. (19)

Материальный баланс сводим в таблицу 3.6.

Таблица 7 – Материальный баланс производства

Слайд Приход		Расход,т	
Брак обжига шамотных изделий:		Склад готовой продукции	50000
фр. 6–3 мм	13693	Потери сортировке	46т
фр. 3–1 мм	15181	Брак формования	35т
фр. 1–0 мм	12502	Потери при сушке	5482
фр. 0,063–0 мм	13693	Потери при смешении	2179
Микрокремнезем	2977	Потери на	
Полифосфат натрия	1488	транспортировку	595
Возврат брака при сортировке	1500	Невязка баланса	303
Возврат брака формования	1698		
Итого	62773	Итого	62773

Невязка баланса: $303 \cdot 100 / 62773 = 0,5 \%$. (20)

Таким образом, для производства 50000 тонн вибролитых огнеупорных изделий в год необходимо брак обжига шамотных изделий: фр. 6–3 мм =13693 т;

фр. 3–1 мм = 15181 т; фр.1–0 мм=12505 т; фр. 0,063–0 мм =13693т;

3.4 Контроль производства

Контроль производства вибролитых огнеупорных изделий марки MAGSTONEA30 состоит из входного текущего контроля, и контроля готовой продукции.

Входной контроль – составная часть системы качества предприятия, целью которого служит контроль качества продукции поставщика для предупреждения запуска в производство материалов, несоответствующих установленным требованиям.

Контроль качества-любая запланированная и систематическая деятельность, осуществляется на производственном объекте (в производственной системе), реализуется для гарантированного подтверждения, что продукция товары, услуги, выполнить процессы, которые, являются, в соответствии с установленными требованиями клиентов (стандартов) [3].

Технический контроль производства осуществляет Управление контролем качества и исследований (УККиИ). УККиИ контролирует соблюдение установленной технологии на всех стадиях производства, а также поступающих в цех сырья и материалов.

Таблица 8 – Контроль производства при изготовлении вибролитых изделий

Наименование стадии процесса	Контрольные параметры	Место отбора проб	Частота определения	Кто производит определение	Кто отбирает пробы	Документация для контроля
1 Шамот марки ШК-42 фракции 6-3, 3-1,1-0, и 0,063 мм	1 Массовая доля Al_2O_3 , Fe_2O_3 2 Массовая доля зерин на сетки № 6; 5; 4; 3,2; 2;1;05;02;01;0, 63	ОФП ДИП у МКР	1 раз при выпуски партии (при необходимости)	ГГМ ТУ	УККиИ ГГМ ТУ (з/с)	ГОСТ 2642.4-2016 ГОСТ Р5542-2013 ЛИ 2-18
2 Шамот марки ШК-42 фракции 6-3. 3-1 и 1-0 мм	Массовая доля Al_2O_3 , Fe_2O_3 2 Массовая доля зерин на сетки	ОФП ДИП МКР	1 раз при выпуске партии	ГГМ ТУ	УККиИ ГГМ ТУ (з/с)	ГОСТ 2642.4-2016 ГОСТ Р5542-2013 ЛИ 2-18

	№6; 5; 3,2; 2; 1; 05; 02; 01					
3 Глиноземистый цемент марки SRB 710 (SPR 510)	Массовая доля Al_2O_3 , CaO	ОФП ДИП Мешок	1 раз при выпуске партии (при необходимости)	ГГМ ТУ	УККИ И	ГОСТ 2642.4-2016 ГОСТ Р5542-2013
4 Микрокремнезем марки МК-95	Массовая доля SiO_2	ОФП ДИП Мешок	1 раз при выпуске партии (при необходимости)	ГГМ ТУ	УККИ И	ГОСТ 2642.4-2016 ГОСТ Р5542-2013
5 Связующая смесь	Массовая доля, $Na_2O + K_2O, MgO$	ОФП ДИП Мешок	1 раз при выпуске партии (при необходимости)	ГГМ ТУ	УККИ И	ГОСТ 2642.4-2016 ГОСТ Р5542-2013
6 Готовая масса марки MAGCAST А 30	1 Массовая доля, 2 Массовая доля зерен на сетках №10, 0,063 3 Массовая доля влаги	ОФП ДИП МКР	1 раз при выпуске партии (при необходимости)	ГГМ ТУ ГГМ ТУ (з/с) ГГМ ТУ (W)	УККИ И	ГОСТ 2642.4-2016 ГОСТ Р5542-2013 ГОСТ 28584-90

Окончание таблицы 8

Контроль готовой массы марки MAGSTONEA30 производится по действующему НД на данную марку.

Готовую массу в количестве, необходимом для формирования изделия, выгружает из МКР в смеситель интенсивного или принудительного действия.

Затем в смеситель добавляют воду, в количестве необходимом для хорошей растекаемости массы. Массовая доля влаги бетонной смеси должна составлять от 6,0 до 10,0 %.

Режим приготовления готовой смеси должна соответствовать требованиям таблицы 8.

Таблица 9 – Режим приготовления готовой смеси должна соответствовать требованиям

Наименования показателя	Продолжительность перемешивания, мин
1. Загрузка ранее приготовленной массы и перемешивания	3–4
2. Постепенное добавления воды	4
3. Общее время перемешивания(без учета времени загрузки материала в смеситель)	7–8
4. Масса замеса, кг, не более	700

Основными показателями, важными для оценки качества бетонной массы, являются:

- растекаемость (реологические свойства);
- сроки схватывания;
- вода затвердения;
- время удобоукладываемой;
- консистенция.

Некоторые свойства огнеупорных бетонов определяют по стандартам, принятым для строительных и жаропрочных бетонов (ГОСТ 20190–90). К таким стандартам относится метод определения удельной поверхности цементов (ГОСТ 310.2–76), метод определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения цемента (ГОСТ 310.3–76), метод испытания на истираемость (ГОСТ 132087–81), контроль и оценка однородности прочности (ГОСТ 18105–86)[6].

Анализируя данные параметры можно косвенно, но весьма эффективно оценивать качество бетонной смеси. Сроки схватывания бетонной смеси напрямую зависят от качества цемента, таким образом, если сроки схватывания будут находиться в определенных пределах, то можно уверенно говорить о соответствии массы требованиям. При оценке растекаемости и воды затворения можно сделать выводы о корректности зернового состава, а также о работоспособности дефлокулирующей добавки. При затворении массы водой, количество вводимой влаги должно находиться в строго определенных пределах после затворения, оценивается консистенция массы, Она должна иметь глянцевый блеск, при этом излишки воды не должны выступать на поверхность. Масса не должна быть рассыпчатой. Следующим этапом определяется растекаемость массы. Для этого массу в количестве примерно 800-900 г помещают в конус.

Массу в конусе уплотняют при помощи вибрации, в течение 30 сек, после чего конус удаляют. Массу без конуса подвергают вибрации в течение 30 секунд, после чего оценивают результаты. Результатом оценки служит разница между первоначальным нижним диаметром конуса (100 мм) и конечным диаметром растекшейся массы. Помимо оценки диаметра необходимо так же оценивать равномерность распределения массы. Конус из бетонной массы должен

растекаться разно мерно, без образования в центре горки и сегрегации мелких частиц. По краю не должно наблюдаться отделение излишков воды.

После определения растекаемости бетонную массу проверяют на параметр удобоукладываемой, сроков начала и конца схватывания. Время удобоукладываемой, формально, является началом схватывания. Для оценки используется металлический прут (гвоздь, электрод), диаметром около 5 мм. Прут помещают в бетонную массу, образуя в ней отверстие, до тех пор, пока данное отверстие затягивается при воздействии вибрации, масса является удобоукладываемой. Время, через которое отверстие больше не затягивается считается временем начала схватывания. Момент, когда в массу больше невозможно вставить металлический прут является концом схватывания.

Для проведения текущего контроля бетонной массы отбирается порядка 4–6 кг сухой смеси. Часть массы используется для проведения испытаний, часть используется для паспортизации (в случае необходимости), остаток отправляется в архив цех (предполагаемое время хранения в архиве – гарантийный срок хранения массы, среднем 6 месяцев).

Периодичность отбора проб для проведения текущего контроля – один раз за партию, либо от каждой 12-й тонны.

Схема, предлагаемой систем осуществления текущего контроля показана на рисунке 3 (без учета данных паспортизации).

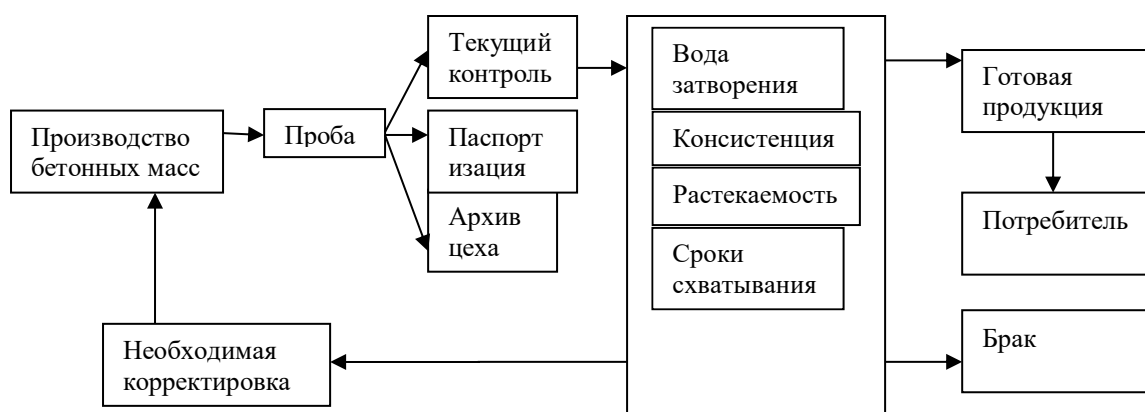


Рисунок 3 – Принципиальная схема осуществления текущего контроля

Целью актуализации данных, один раз в месяц из контролируемой бетонной массы отливаются образцы кубы 70x70x70 мм, для определения параметров механической прочности/пористости/плотности. В случае более редкого производства – от каждой партии. Усредненные параметры описанных показателей в настоящий момент установлены – требуется набор статистики, полученной на оборудовании цеха.

Текущий контроль сухой бетонной смеси позволяет сократить количество образцов при контроле вибролитых изделий, так как при соответствии параметров растекаемости, сроков схватывания и воды затворения, качества вибролитых изделий так же будет соответствовать требованиям, в связи с этим нет необходимости частого контроля изделий. Периодичность паспортизации может

составлять 1 раз от 3 – 5 партий в случае различных партий бетона, либо раз в 30 тонн изделий, если для их производства используется одна партия бетона.

Раннее выявление отклонения сухой смеси от заданных параметров, возможность оперативно отреагировать. Не допускается некачественной продукции до производства изделий/отгрузки потребителю [6].

Брак – это продукция, не соответствующая установленным требованиям. При прессовании насадочных шамотных изделий возможен брак, который представлен в таблице 9

Таблица 10 – Виды брака, причины и пути их устранения

Виды брака	Определение	Способ устранения
Отбитости улов, кромок, ребер, граней		Допускается организация процесса реставрации
Разнотолщинность огнеупорного изделия	Дефект огнеупорного изделия в виде разной толщины между противолежащими поверхностями (для изделий, имеющих форму многогранника). Для круглых изделий – дефект в виде разной толщины противоположных стенок в любом сечении	Не допускается реставрация, допускается организация шлифовки
Кривизна огнеупорного изделия (выпуклость, вогнутость)	Дефект огнеупорного изделия в виде отклонения от прилегающей плоскости, при котором ударение точек от поверхности изделия от этой плоскости увеличивается или уменьшается от краев к середине	Не допускается реставрация, допускается организация шлифовки
Трещины	Дефект огнеупорного изделия в виде разрыва целостности материала шириной свыше 0,5 мм.	Не допускается

Окончание таблицы 10

Виды брака	Определение	Способ устранения
Посечка огнеупорного изделия	Дефект огнеупорного изделия в виде разрыва целостности	Допускается реставрация только

	материала шириной свыше 0,5 мм включительно	на заливной поверхности
Заустеница на поверхности огнеупорного изделия	Дефект огнеупорного изделия в виде сплошного или прерывистого выступа на ребрах, кромке, образовавшийся в процессе формования	Допускается удаление заусениц обдиркой или шлифовкой
Сколы на резьбовой части глубиной более 3 мм и длиной более 5 мм		Не допускается реставрация
Налип на поверхности огнеупорного изделия	Дефект огнеупорного изделия в виде выступа, образовавшийся в результате прилипания к изделию огнеупорного материала	Допускается организация процесса очистки поверхностей изделий после обжига с последующей обработкой обдиркой или шлифовкой
Раковина на поверхности огнеупорного изделия	Дефект огнеупорного изделия в виде полости неправильной формы	Допускается реставрация для придания внешнего вида
Царапины на поверхности		Допускается реставрация
Неоднородность, слоистость структуры	Дефект огнеупорного изделия с неравномерным распределением заполнителя и связки	Не допускается реставрация

Реставрация и шлифовка огнеупорного изделия выполняются для придания ему внешнего вида и не должны оказывать влияние потребительские свойства.

Реставрация рабочей и не рабочей поверхности изделия выполняется массой аналогичного состава, с исключением крупной фракции, сразу после разбора формы либо после процесса термообработки. Реставрируемое место увлажняют водой. На подготовленную поверхность наносят массу и аккуратно разравнивают. После реставрации изделие (место реставрации) накрывается полиэтиленовой пленкой и подвергается воздушной сушке при температуре не ниже +15 °С в течении 12 часов.

Шлифовка рабочей и не рабочей поверхности выполняется ручным либо стационарным абразивным инструментом.

Таким образом, осуществляемый УККиИ контроль качества продукции не освобождает руководителей подразделения и отделов предприятия, а также их персонал от ответственности за выпуск недоброкачественной продукции или продукции не соответствующей стандартам либо ТУ

4 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С учетом заданной годовой производительности высокоглиноземистых изделий по готовой продукции необходимо подобрать основное и вспомогательное механическое оборудование. К основному механическому оборудованию относится: смеситель АЙРИХ, щековая дробилка, выбростол; к вспомогательному механическому оборудованию относится: весовой дозатор, ленточный конвейер.

Для дробления применяется щековая дробилка СМ-11А.

Щековые дробилки применяют для первичного дробления. Дробление осуществляется раздавливанием и истиранием при периодическом приближении подвижной щеки к неподвижной. Ее достоинство – простота конструкции. Недостаток – быстрый износ щёк, небольшая производительность, шум при работе.

Таблица 11 – Техническая характеристика щековой дробилки СМ-11А

Наименование показателя	Норма
Тип дробления – сложное качание	–
Размер приемного зева, мм	400х600
Ширина выходной щели, мм	40х60
Число оборотов эксцентрикового вала, об/мин	250
Размер шкива и маховика, мм: диаметр	1065
ширина обода	300
Электродвигатель АО-82-6:	
мощность, кВт	28
мощность, кВт	980
Габаритные размеры, мм: длина	1650
ширина	1720
ширина	1520
Масса дробилки без электродвигателя, кг	5650
Производительность, м/ч при щели 40 мм	8,5

$$n = \frac{50000}{8,5 \cdot 8760 \cdot 0,8} = 0,84. \quad (21)$$

Принимаем одну щековую дробилку СМ-11А.

Для обеспечения высокой точности дозирования порошков используется автоматический весовой дозатор 4488ДН-У-1-6,3. В процессе работы дозатора происходит непрерывное взвешивание материала, проходящего над весоизмерительным устройством, а также измерение скорости движения ленты. Управляющий прибор рассчитывает текущую производительность дозатора и,

при отклонении полученного результата от задания, формирует корректирующий сигнал на регулируемый частотный привод [2].

Технические характеристики дозатора приведены в таблице 11.

Таблица 12–Технические характеристики дозатора 4488ДН-У-1-6,3

Наименование показателя	Показатель
Предел допускаемой погрешности взвешивания, %	0,5
Производительность дозатора, т/ч	6,3
Режим работы	непрерывный или периодический
Масса, кг, не более	500

Так как взвешиваемых материалов трех фракций: 6–3, 3–1, 1–0 мм, то принимаем три дозаторов для порошков 4488ДН-У-1-6,3.

Расчёт количество необходимых дозаторов порошков

– для фракции 3–0,5 мм

$$n = \frac{30857}{6,3 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,80 \quad (22)$$

– для фракции 0,5–0 мм

$$n = \frac{24685}{6,3 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,64, \quad (23)$$

– для фракции 3–0 мм

$$n = \frac{22284}{6,3 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,58, \quad (24)$$

Принимаем три дозатора порошков.

Таблица 13 – Технические характеристики дозатора ДМС-50-2

Наименование показателя	Показатель
Предел допускаемой погрешности взвешивания, %	1,25
Производительность дозатора, т/ч	2–8
Масса, кг, не более	40–50

Так как взвешиваемых материалов трех мелких и пылевидных фракций: 0,063–0 мм, глиноземистый цемент, микрокремнезем принимаем три дозатора для порошков ДМС-50-2.

Ленточного конвейера с прорезиненной текстильной лентой применяют для перемещения сыпучих материалов в горизонтальной и наклонной плоскости перемещения.

Техническая характеристика ленточного конвейера приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Техническая характеристика ленточного конвейера

Наименование показателя	Норма
Производительность при угле наклона конвейера 20° и при насыпной массе 1,6 т/м ³ , т/ч	120
Расстояние между центрами барабанов	6
Ширина ленты, мм	400
Наибольшая высота разгрузки, м	2,2
Наименьшая высота разгрузки, м	15
Скорость движения ленты, м/с	1,25
Мощность привода, кВт	11

Расчёт количество необходимых конвейеров:

$$n = \frac{50000}{9,5 \cdot 8760 \cdot 0,8} = 0,75 \quad (26)$$

Принимаем один ленточный конвейер.

Для смешения порошков применяем смеситель «АЙРИХ». Смеситель позволяет достичь высокое качество смешения без доизмельчения материала, что необходимо для сохранения заданного гранулометрического состава.

Техническая характеристика интенсивного смесителя «АЙРИХ» предоставлена в таблице 15.

Таблица 15 – Техническая характеристика интенсивного смесителя «АЙРИХ»

Наименование показателя	Величина
Наибольший объем засыпаемой смеси, дм ³	750
Наибольшая масса засыпаемой смеси, кг	1200
Диаметр тарелки, внутренний, мм	1500
Мощность двигателя привода вращения тарелки, кВт	18,5
Мощность двигателя привода завихрителя, кВт	90

$$n = \frac{50000}{3,6 \cdot 8760 \cdot 0,8} = 1,98. \quad (27)$$

Принимаем два интенсивных смесителя «АЙРИХ».

Вибрирование является основным методом формования изделий. Кроме того, научно-исследовательские разработки и опытно-производственное опробование показывают, что метод виброформования достаточно перспективен и в

производстве различного рода огнеупорных изделий.

Большинство формовочных масс в промышленности строительных материалов состоит из связующего (как правило, высокодисперсных частиц в смеси с водой) и более или менее крупных частиц заполнителя. Для их компактной упаковки при отсутствии связующего достаточно интенсивное встряхивание при амплитуде, способной вызвать перемещение зерен. Чем больше размер зерен, тем больше должна быть амплитуда колебаний, сообщаемых вибратором.

В формовочных массах такому перемещению заполнителя препятствуют вязкопластические свойства связующего. Для того чтобы зерна заполнителя получили возможность более компактно взаимно расположиться в пространстве, необходимо нарушить структурные связи в связующем с последующим их восстановлением после прекращения возмущающих воздействий.

Таким образом, сущность метода виброформования заключается в эффекте тиксотропного разжижения формуемой массы. При этом энергия внешнего воздействия будет расходоваться на нарушение структурных связей связующего, пространственную перегруппировку зерен заполнителя, придание массе заданной формы, коагуляционное уплотнение связующего, сопровождающееся уплотнением всего объема смеси за счет собственной массы и внутреннего воздействия сил, вызывающих тиксотропное упрочнение системы.

Для виброформования применяется вибростол СМЖ-539 с механическим креплением для форм, технические характеристики даны в таблице 16

Таблица 16 – Технические характеристики вибростола СМЖ-539

Наименование	Значение
Грузоподъемность, кг, до	100*
Частота колебаний, кол./м.	2900±100
Амплитуда колебаний, мм	0,35±0,05
	0,4±0,05
	0,5±0,05
Колебания	Вертикально-направленные
Вибратор, тип	ИВ-99Б
– мощность, кВт	0.5
– рабочее напряжение, В	380
– частота тока, Гц	50
Пульт управления	Выносной с цифровым таймером серии ТИ110
Крепление форм на столе	Механическое - прижимной планкой

Наименование	Значение
Габаритные размеры виброплощадки, мм	
– длина, не более	580
– ширина, не более	400
– высота, не более	580
Масса, кг, не более	60

$$n = \frac{50000}{100 \cdot 8760 \cdot 0,8} = 0,10. \quad (28)$$

Принимаем один вибростол СМЖ-539.

Таким образом, рассчитав механическое оборудование получаем, что для производства вибролитых изделий из брака шамотных изделий годовой производительностью 50 000 тонн в год необходимо использовать один ленточный конвейер, тридозаторов, два смесителя «АЙРИХ», одну щековую дробилку СМ–11А, один вибростол СМЖ-539.

5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛ

В качестве топлива при обжиге огнеупорных бетонов марки MAGSTONEA30, применяем природный газ Уренгойского месторождения. Состав сухого газа представлен в таблице 17 [4].

Таблица 17 – Состав природного газа Уренгойского месторождения, % [2]

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂	Σ
97,8	0,1	0,03	0,02	0,01	0,3	1,7	100

Коэффициент расхода воздуха при сжигании газа принимаем $\alpha = 1,2$.

Содержание влаги в газе принимаем $\omega = 1\%$.

Пересчитываем состав сухого газа на влажный рабочий газ, %:

$$CH_4^{вл} = CH_4^c \frac{100 - H_2O}{100} = 97,8 \cdot \frac{100 - 1}{100} = 96,82\% \quad (29)$$

Другие составляющие газа остаются без изменений.

Таблица 18 – Состав влажного рабочего газа, %

CH ₄ ^{вл} , %	C ₂ H ₆ ^{вл} , %	C ₃ H ₈ ^{вл} , %	C ₄ H ₁₀ ^{вл} , %	C ₅ H ₁₂ ^{вл} , %	CO ₂ ^{вл} , %	N ₂ ^{вл} , %	H ₂ O, %	Сумма, %
96,82	0,1	0,03	0,02	0,01	0,3	1,7	1,0	100

Определяем теплоту сгорания газа по формуле [1]:

$$Q_H = 358,2 \cdot CH_4 + 637,5 \cdot C_2H_6 + 912,5 \cdot C_3H_8 + 1186,5 \cdot C_4H_{10} + 1460,8 \cdot C_5H_{12}, \quad (30)$$

$$Q_H = 358,2 \cdot 96,82 + 637,5 \cdot 0,1 + 912,5 \cdot 0,03 + 1186,5 \cdot 0,02 + 1460,8 \cdot 0,01 = 34825 \text{ кДж/м}^3.$$

Находим теоретически необходимое количество сухого воздуха по формуле:

$$L_0 = 0,0476(2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} + 8C_5H_{12}), \quad (31)$$

$$L_0 = 0,0476 \cdot (2 \cdot 96,82 + 3,5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,03 + 6,5 \cdot 0,02 + 8 \cdot 0,01) = 0,0476 \cdot 194,43 = 9,25 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Принимаем влагосодержание атмосферного воздуха $d = 10$ г/кг сухого воздуха и находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности по формуле [1]:

$$L'_0 = 1,016L_0, \quad (32)$$

$$L_0 = 1,016 \cdot 9,25 = 9,4 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

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

Сухого воздуха:

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_0, \quad (33)$$

$$L_\alpha = 1,2 \cdot 9,25 = 11,1 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Атмосферного воздуха:

$$L_\alpha' = \alpha \cdot L_0', \quad (34)$$

$$L_\alpha' = 1,2 \cdot 9,4 = 11,28 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Определяем количество и состав продуктов горения при $\alpha=1,2$ по формулам:

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot (\text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10} + 5\text{C}_5\text{H}_{12}), \quad (35)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot (96,82 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,03 + 4 \cdot 0,02 + 5 \cdot 0,01) = 0,97 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01 \cdot (2\text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_6 + 4\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{C}_4\text{H}_{10} + 6\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{H}_2\text{O} + 0,16dL_\alpha), \quad (36)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01 \cdot (2 \cdot 96,82 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,03 + 5 \cdot 0,02 + 6 \cdot 0,01 + 1,0 + 0,16 \cdot 10 \cdot 11,1) = 2,13 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01\text{N}_2 + 0,79L_\alpha, \quad (37)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01 \cdot 1,7 + 0,79 \cdot 11,1 = 8,79 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) L_0, \quad (38)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 9,25 = 0,39 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Общее количество продуктов горения составляет:

$$V_\alpha = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2}, \quad (39)$$

$$V_\alpha = 0,97 + 2,13 + 8,79 + 0,39 = 12,28 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Определим процентный состав продуктов горения по формулам:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= (100 \cdot V_{\text{CO}_2}) / V_\alpha, \\ \text{CO}_2 &= (100 \cdot 0,97) / 12,28 = 7,9\%. \end{aligned} \quad (40)$$

$$\text{H}_2\text{O} = (100 \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}) / V_\alpha, \quad (41)$$

$$\text{H}_2\text{O} = (100 \cdot 2,13) / 12,28 = 17,35 \text{ \%}.$$

$$N_2 = (100 \cdot V_{N_2}) / V_{\alpha}, \quad (42)$$

$$N_2 = (100 \cdot 8,79) / 12,28 = 71,58 \%$$

$$O_2 = (100 \cdot V_{O_2}) / V_{\alpha}, \quad (43)$$

$$O_2 = (100 \cdot 0,39) / 12,28 = 3,18\%$$

Всего: 100%.

Составим материальный баланс горения природного топлива. Расчет предоставлен в таблице 19.

Таблица 19– Материальный баланс процесса горения

Приход	кг	Расход	кг
Природный газ		Продукты горения	
CH ₄ = 96,82 · 0,717	69,45	CO ₂ = 0,97 · 100 · 1,977	191,77
C ₂ H ₆ = 0,1 · 1,356	0,14	H ₂ O = 2,13 · 100 · 0,804	171,25
C ₃ H ₈ = 0,03 · 2,020	0,06	N ₂ = 8,79 · 100 · 1,251	1099,63
C ₄ H ₁₀ = 0,02 · 2,840	0,06	O ₂ = 0,39 · 100 · 1,429	55,73
C ₅ H ₁₂ = 0,01 · 3,218	0,03	Невязка	0,57
CO ₂ = 0,3 · 1,977	0,59		
N ₂ = 1,7 · 1,251	2,13		
H ₂ O = 1,0 · 0,804	0,80		
Воздух			
O ₂ = 194,43 · 1,20 · 1,429	333,41		
N ₂ = 194,43 · 1,20 · 3,762 · 1,251	1098,0		
H ₂ O = 0,16 · 10 · 11,1 · 0,804	14,28		
Итого:	1518,95	Итого:	1518,95

Невязка баланса составляет: $100 \cdot 0,57 / 1518,95 = 0,04\%$

Определим теоретическую температуру горения. Для этого находим теплосодержание продуктов горения с учетом подогрева воздуха до 800 °С и $\alpha = 1,2$.

По *i*-*t* диаграмме (рис. 2) или по приложению 9 находим теплоту нагрева атмосферного воздуха: $i'_{\text{воз}} = 1200 \text{ кДж/нм}^3 [1]$.

Тогда

$$i_{\text{общ}} = \frac{Q_H}{V_{\alpha}} + \frac{L_{\alpha}}{V_{\alpha}}, \quad (44)$$

$$i_{\text{общ}} = \frac{34825}{12,28} + \frac{11,28 \cdot 1200}{12,28} = 3938 \text{ кДж/м}^3$$

Теоретическая температура горения по *i*-*t* диаграмме при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,2$ составит 2240 °С

Для получения готовых огнеупорных бетонов требуется стадия сушки для

удаления жидкости из твёрдых, жидких веществ или их смесей с помощью испарения. Чаще всего в качестве удаляемой жидкости выступают влага или летучие органические растворители, данная стадия проводится в туннельном сушиле.

Тепловой баланс туннельного сушила

Приход тепла

Тепло от горения топлива, $Q_{гор}$, кДж/ч:

$$Q_{гор} = Q_H^p \cdot V \cdot 4,187,$$

где V – расход топлива, м³/час; Q_H^p – теплопроводность топлива, кДж/м³.

$$Q_{гор} = 35480 \cdot 4,187 \cdot V = 148567 \cdot V \text{ кДж.} \quad (45)$$

Физическое тепло вносимое подогретым воздухом, $Q_{воз}$, кДж:

$$Q_{воз} = L_\alpha \cdot i_{возд} \cdot V \cdot 4,187,$$

$$Q_{воз} = 9,42 \cdot 129,8 \cdot 4,187 \cdot V = 5120 \cdot V \text{ кДж.} \quad (46)$$

Сумма прихода тепла, $Q_{прих}$, кДж:

$$Q_{прих} = Q_{топ} + Q_{воз},$$

$$Q_{прих} = 148567 \cdot V + 5120 \cdot V = 153687 \cdot V \text{ кДж.} \quad (47)$$

Расход тепла

Расход тепла на нагрев изделий, $Q_{м1}$, кДж/ч

$$Q_{м1} = Q_{ч} \cdot (C_k t_k - C_n t_n) \cdot 4,187, \quad (48)$$

где C_n , C_k – теплоёмкости изделий, взятые при начальной и конечной температурах, кДж/кг · град;

t_n , t_k – начальная и конечная температуры изделий, °С:

$$t_n = 20 \text{ °С}; \quad t_k = 200 \text{ °С.}$$

$$C_k = 0,890 + 0,00025 \cdot t_k, \quad (49)$$

$$C_n = 1,045 + 0,00025 \cdot t_n. \quad (50)$$

$$C_k = 1,045 + 0,00025 \cdot 200 = 1,095 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}; \quad (51)$$

$$C_n = 0,890 + 0,00025 \cdot 20 = 0,895 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}; \quad (52)$$

$$Q_{м1} = 2900 \cdot (1,095 \cdot 200 - 0,895 \cdot 20) \cdot 4,187 = 24418175 \text{ кДж/ч.} \quad (53)$$

Расход тепла на испарение влаги, $Q_{исп}$, кДж/ч:

$$Q_{исп} = [2500 - 1,967 (t_{ух} - t_M^H)] W \cdot 4,187, \quad (54)$$

где 2500 – скрытая теплота парообразования, кДж/кг;
 t_{yx} – температура уходящих из сушила газов, °С,
 $t_{yx} = 130$ °С; t_M^H – начальная температура изделий, °С;
 1,967 – теплоёмкость воды, кДж/кг · град;
 W – количество испаряемой влаги, кг/ч.

$$W = Q_{\text{ч}} \cdot \frac{w}{100 - w}, \quad (55)$$

где W – относительная влажность сырца, поступающего в сушило, %, $w = 1\%$.

$$W = 5850 \cdot \frac{1}{100 - 1} = 59,1 \text{ кг/ч.} \quad (56)$$

$$Q_{\text{исп}} = [2500 - 1,967(130 - 20)] \cdot 59,1 \cdot 4,187 = 565088 \text{ кДж/ч.} \quad (57)$$

Потери тепла с уходящими продуктами горения топлива, $Q_{\text{дым}}$, кДж/ч:

$$Q_{\text{дым}} = V_{\text{дым}} \cdot i_{\text{дым}} \cdot B, \quad (58)$$

где $i_{\text{дым}}$ – теплосодержание продуктов горения уходящих из сушила, зависит от температуры, при $t = 250$ °С $i_{\text{дым}} = 12,51$ кДж/нм³,

$V_{\text{дым}}$ – объем продуктов горения, $V_{\text{дым}} = 178,2$ нм³.

$$Q_{\text{дым}} = 178,2 \cdot 12,51 \cdot B \cdot 4,187 = 9334 \cdot B \text{ кДж/ч.} \quad (59)$$

Расход тепла на нагрев транспортирующих средств $Q_{\text{тр1}}$, кДж/ч:

$$Q_{\text{тр1}} = G_{\text{тр}} \cdot (C_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} - C_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}}) \cdot 4,187, \quad (60)$$

где $C_{\text{н}}$ – теплоёмкость материала слоя футеровки (глиняный кирпич) при начальной температуре, кДж/кг · град;

$C_{\text{к}}$ – теплоёмкость материала слоя футеровки при конечной температуре, кДж/кг · град;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура слоя футеровки, °С;

$t_{\text{к}}$ – конечная температура слоя футеровки, °С, $G_{\text{тр}} = m \cdot v = 202 \cdot 1,78 = 360$ кг·ч/ваг.

$$C_{\text{к}} = 0,837 + 0,000264 \cdot 190 = 0,887 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}; \quad (61)$$

$$C_{\text{н}} = 0,837 + 0,000264 \cdot 80 = 0,858 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град.} \quad (62)$$

$$Q_{\text{тр1}} = 360 \cdot (0,887 \cdot 190 - 0,858 \cdot 80) \cdot 4,187 = 150566 \text{ кДж.} \quad (63)$$

Потери тепла через кладку (футеровку).

$$Q_{окр} = \frac{4,187 \cdot F(t_k - t_n)}{\sum \frac{S}{\lambda_{cp}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (64)$$

где F – площадь стен и свода, м²;

t_н – температура газа на данном участке, °С;

t_к – температура окружающего воздуха, °С;

$\sum \frac{S}{\lambda}$ – сумма тепловых сопротивлений отдельных слоев кладки, Вт/м²·град;

S – толщина слоя кладки, м;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·град;

α_2 – коэффициенты теплопередачи воздуха и газа, Вт/м²·град, принимаем $\alpha_2 = 15$ Вт/м²·град

Потери через стены:

L=10 м (1-я зона подъема температуры, показанной на рисунке 4)

F=10·1,0·2=20 м²;

t₁=60 °С;

t₂=40 °С.

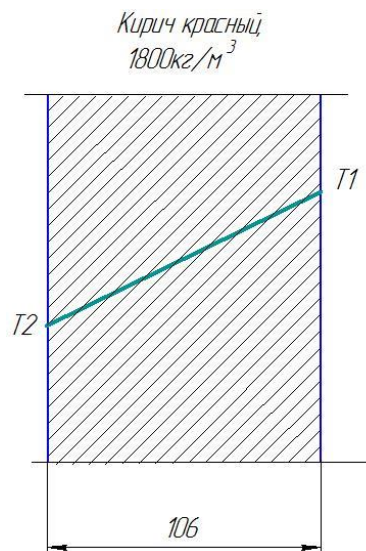


Рисунок 4 – Разрез футеровки стены по длине 10 м

$$\Lambda_{cp1} = 0,47 + 0,00051t = 0,47 + 0,00051 \cdot \frac{60 + 40}{2} = 0,50 \text{ Вт/м·град.} \quad (65)$$

$$Q_{окр1} = \frac{(60 - 40) \cdot 20 \cdot 4,187}{\frac{0,106}{0,50} + \frac{1}{15}} = 6003 \text{ кДж.} \quad (66)$$

L=15,5 м (2-я зона подъема температуры, показанной на рисунке 5)

F= 15,5·1,0·2 =31 м²;

t₁=120 °С;

t₂=80 °С;

$t_3=40\text{ }^\circ\text{C}$.

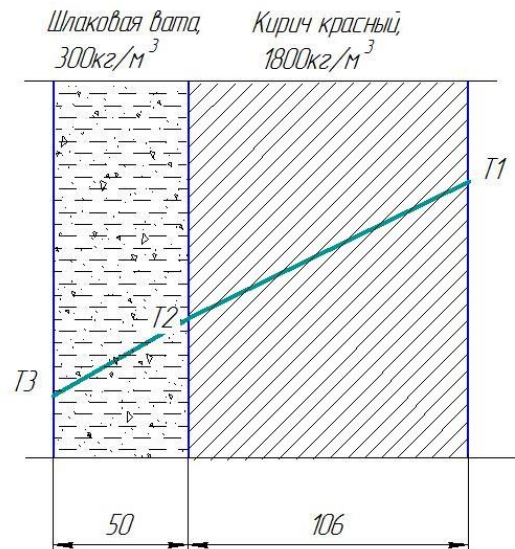


Рисунок 5 – Разрез футеровки стены по длине 15,5м

$$\lambda_{\text{ср1}} = 0,47 + 0,00051t = 0,47 + 0,00051 \cdot \frac{120 + 80}{2} = 0,52 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}; \quad (67)$$

$$\lambda_{\text{ср2}} = 0,065 + 0,00035t = 0,065 + 0,00035 \cdot \frac{80 + 40}{2} = 0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}. \quad (68)$$

$$Q_{\text{окр2}} = \frac{(120 - 40) \cdot 31 \cdot 4,187}{\frac{0,106}{0,52} + \frac{0,05}{0,09} + \frac{1}{15}} = 12556 \text{ кДж}. \quad (69)$$

$L=12\text{ м}$ (зона сушки, показанной на рисунке 6)

$F= 12 \cdot 1,0 \cdot 2 = 24\text{ м}^2$;

$t_1=190\text{ }^\circ\text{C}$;

$t_2=110\text{ }^\circ\text{C}$;

$t_3=50\text{ }^\circ\text{C}$.

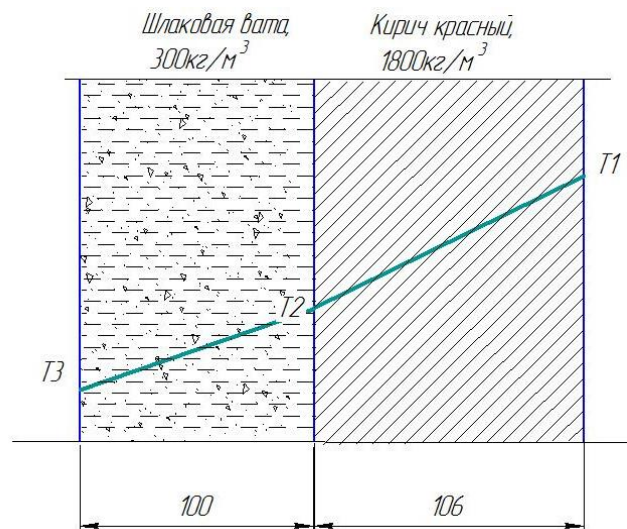


Рисунок 6 – Разрез футеровки стены по длине 12 м

$$\lambda_{cp1} = 0,47 + 0,00051t = 0,47 + 0,00051 \cdot \frac{190 + 110}{2} = 0,55 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}; \quad (70)$$

$$\lambda_{cp2} = 0,065 + 0,00035t = 0,065 + 0,00035 \cdot \frac{110 + 50}{2} = 0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}. \quad (71)$$

$$Q_{окр3} = \frac{(190 - 50) \cdot 24 \cdot 4,187}{\frac{0,106}{0,55} + \frac{0,10}{0,09} + \frac{1}{15}} = 10238 \text{ кДж}. \quad (72)$$

Потери через потолок:

L = 10 м (1-я зона подъема температуры, показанной на рисунке 7)

F = 10 · 1,43 = 14,3 м²;

t₁ = 60 °С;

t₂ = 40 °С.

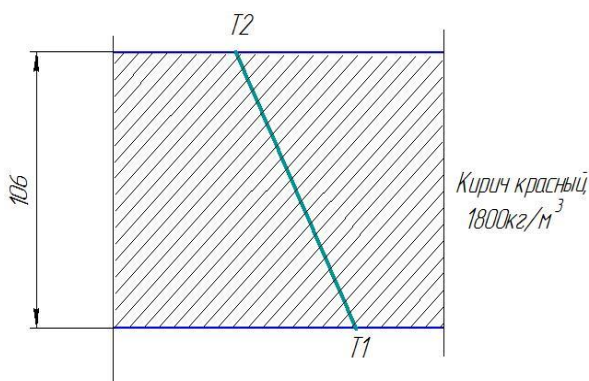


Рисунок 7 – Разрез футеровки потолка по длине 10 м

$$\lambda_{cp1} = 0,47 + 0,00051t = 0,47 + 0,00051 \cdot \frac{60 + 40}{2} = 0,50 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}. \quad (73)$$

$$Q_{окр4} = \frac{(60 - 40) \cdot 14,3 \cdot 4,187}{\frac{0,106}{0,50} + \frac{1}{15}} = 4292 \text{ кДж}. \quad (74)$$

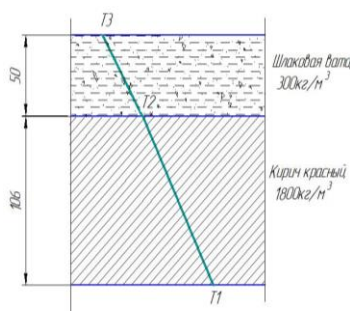
L = 15,5 м (2-я зона
показанной на рисунке 8.

F = 15,5 · 1,43 = 22,17 м²;

t₁ = 120 °С;

t₂ = 80 °С;

t₃ = 40 °С.



подъема температуры,

Рисунок 8 – Разрез футеровки потолка по длине 15,5 м

$$\Lambda_{cp1} = 0,47 + 0,00051t = 0,47 + 0,00051 \cdot \frac{120 + 80}{2} = 0,52 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}; \quad (75)$$

$$\lambda_{cp2} = 0,065 + 0,00035t = 0,065 + 0,00035 \cdot \frac{80 + 40}{2} = 0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}. \quad (76)$$

$$Q_{окр5} = \frac{(120 - 40) \cdot 22,17 \cdot 4,187}{\frac{0,106}{0,52} + \frac{0,05}{0,09} + \frac{1}{15}} = 5373 \text{ кДж}. \quad (77)$$

L = 12 м (зона сушки, показанной на рисунке 9)

F = 12 · 1,43 = 17,16 м²;

t₁ = 190 °С;

t₂ = 110 °С;

t₃ = 50 °С.

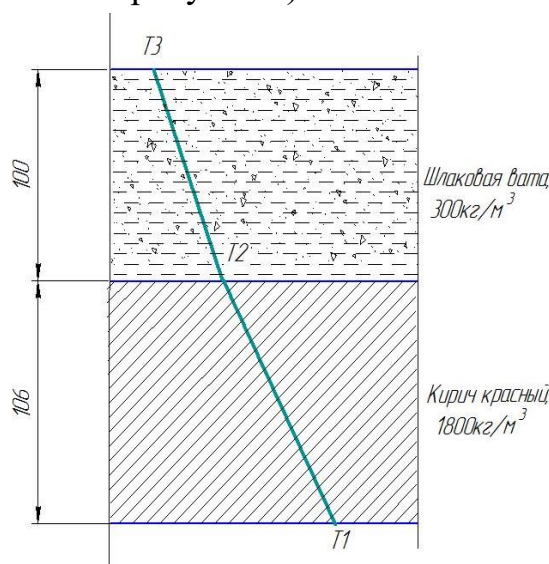


Рисунок 9 – Разрез футеровки потолка по длине 12 м

$$\Lambda_{cp1} = 0,47 + 0,00051 t = 0,47 + 0,00051 \cdot \frac{190 + 110}{2} = 0,55 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}; \quad (78)$$

$$\lambda_{cp2} = 0,065 + 0,00035 t = 0,065 + 0,00035 \cdot \frac{110 + 50}{2} = 0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}. \quad (79)$$

$$Q_{окр6} = \frac{(190 - 50) \cdot 17,16 \cdot 4,187}{\frac{0,106}{0,55} + \frac{0,10}{0,09} + \frac{1}{15}} = 7321 \text{ кДж}. \quad (80)$$

$$Q_{окр} = 6003 + 12556 + 10238 + 4292 + 5373 + 7321 = 45783 \text{ кДж}. \quad (81)$$

Неучтенные потери тепла, Q_{неуч}, кДж/ч:

$$Q_{\text{неуч}} = 0,1 \cdot Q_{\text{прих}},$$

$$Q_{\text{неуч}} = 0,1 \cdot 153687 \cdot V = 15369 \cdot V \text{ кДж/ч.} \quad (82)$$

$$\Sigma Q_{\text{расх}} = 2441817 + 565088 + 9334 \cdot V + 150566 + 45783 + 15369 \cdot V =$$

$$= 3203254 + 24703 \cdot V; \quad (83)$$

Решение уравнения теплового баланса производится относительно расхода топлива, V , $\text{м}^3/\text{ч}$:

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

$$153687 \cdot V = 3203254 + 24703 \cdot V;$$

$$128984 \cdot V = 3052688;$$

$$V = 24,83 \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (84)$$

Таблица 20 – Тепловой баланс зон подогрева и термообработки

Наименование статей	кДж	%	Наименование статей	кДж	%
Приход тепла			Расход тепла		
Тепло горения топлива	368891	96,7	Расход тепла на нагрев изделий	2441817	64,0
Физическое тепло	12713	3,3	Расход тепла на испарение влаги	565088	14,8
			Потери тепла с уходящими продуктами горения топлива	231763	6,1
			Расход тепла на нагрев транспортирующих средств	150566	3,9
			Потери тепла в окружающую среду	45783	1,2
			Неучтенные потери	381612	10
			Невязка	-581	0,0
Итого	3816048	100	Итого	3816048	100

$$\text{Процент невязки} = \frac{581}{3816048} \cdot 100\% = 0,0156 \%. \quad (85)$$

Таким образом, для обеспечения производительности 50000 тонн вибролитых шамотных изделий используется природный газ с теплосодержанием продуктов сгорания 3861 кДж/м^3 и расходом топлива $24,83 \text{ м}^3/\text{ч}$.

6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В рассматриваемой технологии в автоматизированном режиме работает только сушильная печь.

Вопросы комплексной автоматизированной системы управления технологических процессов производства тесно связаны с применением современных машин и агрегатов, средств механизации, современных средств контроля и регулирования.

На большинстве огнеупорных предприятий в настоящее время разработана и эксплуатируется автоматизация работы отдельных агрегатов и участков технологического производства [4].

Это системы регулирования режима сушки в сушильном барабане, системы регулирования загрузки помольных агрегатов, системы подготовки масс по заданной программе, системы автоматического регулирования процессов прессования (толщина изделий, усилие прессования), системы регулирования режимов обжига изделий в туннельной печи.

Производство огнеупорных бетонов изделий можно разделить на три самостоятельных участка:

- подготовка порошка;
- прессование и обжиг изделий

Основными агрегатами на участке подготовки порошка являются смесители и передающие устройства. Автоматизация участка должна обеспечивать:

- стабилизацию влажности огнеупорного порошка после двухвального смесителя с точностью $\pm 0,5\%$ абс;
- стабилизацию влажности сухого порошка с точностью $\pm 0,5\%$ абс;
- стабилизацию помола алюмосилекатного порошка в трубомельнице;
- заполнение бункеров порошками до заданного уровня с точностью $\pm 0,5\text{м}$.

Для обеспечения влажности алюмосилекатного порошка достаточно иметь локальную схему управления дозаторами [7].

Автоматизированная система управления сушильной печи

Печь периодического действия оборудована системой автоматики безопасности и регулирования, обеспечивающей следующий режим работы.

Таблица 21 – Режимы работы печи периодического действия

Наименование показаний	Ед. изм.	Камера 1		Камера 2	
		Режим 1	Режим 2	Режим 1	Режим 2
Тип печи		Печь периодического действия			
Объём загрузки	м ³	32		16	
Количество горелок	шт.	8		4	
Давление газа перед горел.	кПа	5.0			
Обрабатываемый материал		Магнезиальные изделия сложной формы			
Производительность печи	кг/час	553,85	702,00	333,90	337,50

Окончание таблицы 21

Наименование показаний	Ед. изм.	Камера 1		Камера 2	
		Режим 1	Режим 2	Режим 1	Режим 2
Температура нагрева материала	°С	270	270	270	270
Теплота сгорания топлива	ккал/м ³	7980	7980	7980	7980
Расход топлива	нм ³ /ч	22,4	16,7	8,3	11,8
Давление воздуха перед горелками	mbar	2,5	2,5	2,5	2,5
Время температурной обработки	час	78	50	59	72
Температура: внутри печи	°С	300	300	300	300
Наружного воздуха	°С	20	20	20	20
Газа идущего на горение	°С	12	12	12	12
Химический анализ сухих отходящих газов					
Углекислый газ	%	4	4,2	4	4,2
Кислород	%	13,9	13,5	13,9	13,5
Окись углерода	%	0	0	0	0
Коэф. Избытка воздуха		2,73	2,6	2,73	2,6
Потеря тепла уходящими газами	%	16,77	16,02	16,77	16,02
Потери тепла в окр среду.	%	60,05	44,74	44,90	56,70
КПД	%	11,77	19,79	19,79	14,06
Удельный расход условного топлива	кг.у.т./т	46,11	27,12	28,34	39,86

Система автоматики безопасности печи обеспечивает отсечку газа клапанами ПЗК1 и ПЗК2 по следующим уставкам:

1. Давление газа выше 6,25 кПа
2. Давление газа ниже 1,8 кПа
3. Давление в камере 1 более 100Па
4. Давление в камере 2 более 100Па
5. Разрежение перед дымососом камеры 1 менее 30Па
6. Разрежение перед дымососом камеры 2 менее 30Па
7. Превышение содержания СО в атмосфере вблизи печи (дискретный сигнал с газоанализатора)
8. Превышение содержания СН₄ в атмосфере вблизи печи (дискретный сигнал с газоанализатора)
9. Остановка дымососа (дискретный сигнал с пускателя дымососа)
10. Отсутствие питающего напряжения.

Кроме того, на каждой горелке установлена система автоматики безопасности, обеспечивающая отсечку газа газовыми клапанами горелки по следующим установкам:

1. Давление газа перед горелкой ниже 10 кПа
2. Давление воздуха на горение ниже 0,5 кПа
3. Отсутствие факела.

Автоматизация производства это эффективное средство повышения производительности труда и снижения себестоимости изготовления продукции. Автоматизация позволяет сделать работу бесперебойной, облегчить труд и контроль за производством.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность технологического процесса производства – это создание безопасных условий труда, при которых должно быть максимального исключения влияние вредных и опасных производственных факторов на работников предприятия.

При производстве вибролитых изделий марки MAGSTONE A30 на работников воздействуют опасные и вредные производственные факторы, к которым можно отнести [15]:

1) Движущиеся машины (конвейеры, погрузчики и т. д.) и механизмы, перечень которых велик (барабаны, приводами т.д.).

2) Высокий уровень шума и вибрации. Уровень шума должен быть не выше 80 дБА.

3) Освещенность рабочей зоны. Необходимость в достаточной освещенности рабочей зоны для усиления остроты зрения, точности работы, а также предотвращение травматизма работающих на предприятии. Немаловажный факт и естественная освещенность, так как дневной свет лучше воспринимается органами зрения. Поэтому на предприятиях устанавливают аэродинамические окна.

4) Температура воздуха в производственных помещений. Технологический процесс может вызвать понижение и повышение температуры воздуха в рабочей зоне. Такие как тепловое излучение нагретых поверхностей технологического оборудования (вращающаяся печь) или пониженная температура (нахождение конвейеров на улице), большие скорости воздушного потока (сквозняки). Эти условия оказывают неблагоприятное влияние на работающих. По санитарно-гигиеническим нормам норматив температуры воздуха: в холодный и переходный период года, при среднесуточной температуре ниже +10 °С – 17–19 °С; а в теплый, когда среднесуточная температура выше +10 °С – 20–21 °С.

5) Запыленность и загазованность. Запыленность образовывается при изготовлении огнеупорных бетонов, так как происходит транспортирование и рассеивание сырьевых материалов и готовой продукции. Пыль относится к опасным и вредным факторам, также и к раздражающим химическим производственных факторам, которая попадает через органы дыхания. Содержание в воздухе вредных веществ не должно превышать предельно-допустимых концентраций (ПДК), которое составляет не более 10 мг/м³. Изготовление флюсов относится к четвертому классу опасности по степени воздействия на организм человека, то есть являются малоопасными.

6 Изделия пожара и взрывоопасны

7) При производстве и применении изделий работниками необходимо использовать специальную одежду, обувь и другие средства индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011-89, обеспечивающие безопасность условием труда

8) Общие требования безопасности и контроля содержания вредных веществ с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 и ГОСТ 12.1.007-76.

9) При погрузочно-разгрузочных работах необходимо соблюдать общие

требования безопасности по ГОСТ 12.3.009-76

10) Максимальные значения эффективности удельной активности природных радионуклидов в изделиях не превышает 740 Бк/кг – материал 1 класса по единым санитарным – эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежат санитарному – эпидемиологическому надзору (контроль), утвержденным решениями комиссии таможенного союза от 28.05.2010

11) Применение изделий по назначению, хранения и транспортирование без ограничению по радиационному фактору.

12) Утилизация производственных отходов изделий – на свалках общепромышленных отходов без ограничения по радиационному фону.

13) При производстве изделий должны соблюдаться требования системы стандартов по охране окружающей среды ГОСТ 17.0.0.01-76

14) Электрический ток. Поражением человека электрическим током происходит при замыкании электрической цепи. При поражении человека электрическим током возможен смертельный исход. Все токоведущие части оборудования, должны быть защищены от случайного прикосновения. Двигатели оборудования должны быть заземлены. К токоведущим частям допускаются только специально обученные люди.

Смесители предназначены для получения однородной массы в смесителях смешивания различных компонентов. Они являются источником значительного пара – и пылевыведения, поэтому правильно выполненная вентиляция смесителей имеет большое значение для поддержания нормальных санитарно – гигиенических условий в цехе. Для борьбы с пылевыведением чаша смешивания укрывается герметическим кожухом с врезанными течками, через которые в неё попадает материал.

Из кожуха смесителя рекомендуется отсасывать не менее 1,2 м/с воздуха. Во избежание закупорки трубопроводов влажной пылью пылеулавливающее устройство рекомендуется устанавливать вблизи от смесителей и изготавливать отсасывающий патрубок коротким и без изгибов. Для обеспечения доступа в смеситель кожух его оборудуется герметическими дверцами, заблокированными с пусковым устройством агрегата. Работы по очистке чаши или замене скребков относятся к работам в условиях повышенной опасности и требуют соблюдения всех требований по обеспечению безопасности.

Выгрузка готовой массы из смесителя осуществляется через специальный люк, открываемый пневмоцилиндром. Масса выбрасывается через люк вращающимся ротором с большой скоростью и представляет опасность для глаз наблюдателя. Кроме того, при открытом люке выгрузки обнаруживаются движущиеся скребки, поэтому запрещается во время работы чистить люк и дверцы, брать пробы замеса. Для исключения всех этих возможных нарушений рекомендуется люк выгрузки оборудовать сплошной течкой, а дверцу этой течки заблокировать с приводом смесителя. Пневматическая система управления люком выгрузки смесителя должна иметь устройство, позволяющее надёжно фиксировать люк в открытом положении при чистке выгрузочного проёма от налипшей массы.

От воздействия механических факторов, от высоких и низких температур, от шума и вибрации, а также поражения электрическим током устанавливают

ограждения для предотвращения несчастных случаев при работе и обслуживании механизмов.

Ограждают движущиеся и вращающиеся части механизмов, токоведущие части оборудования, для того чтобы исключить прикосновения к ним людей во время обслуживания оборудования. Оградительные устройства должны быть простыми, надежными и удобными. Поверхность ограждения должно быть гладким, без заусенцев и острых выступающих частей. Такая конструкция должна легко сниматься при осмотре и ремонте оборудования, и также легко устанавливаться на место после ремонта.

Заземлители на оборудовании устанавливаются в целях защитного заземления.

Заземлители бывают естественными и искусственными. Естественные заземлители выполняются в виде подземных свинцовых оболочек кабелей, металлических конструкций зданий, сооружений, которые надежно соединены с землей, а также различных трубопроводов, проложенных в земле.

На оборудовании устанавливается защитное отключение. Защитное отключение обеспечивает быстрое автоматическое отключения оборудования. Выполняется в виде аварийных кнопок или тросиков. [15].

Основной инструкцией по охране труда для всех работающих в ООО «Группа «Магнезит» является ИОТ 0.01–2019.

В данной инструкции рассмотрены такие вопросы как:

- основы законодательства по охране труда
- правила внутреннего трудового распорядка;
- правила проведения на территории предприятия;
- характеристика ООО «Группа «Магнезит» с точки зрения основных опасных и вредных производственных факторов;
- средства защиты окружающих;
- основные требования охраны труда к рабочему месту, оборудованию и инструменту;
- требования электробезопасности
- требования охраны труда при переноске грузов вручную;
- основные требования производственной санитарии труда, личной гигиены;
- первая помощь пострадавшим от несчастных случаев на производстве
- ответственность работника за нарушение требований инструкций.

Для индивидуальной защиты работающих от воздействия электрического тока, газов и пыли применяется спецодежда, спец обувь, средства защиты рук, органов дыхания (респираторы), глаз и головы (очки и каски).

Данные средства индивидуальной защиты обязаны отвечать физиолого-гигиеническим и эксплуатационным требованиям. Средства индивидуальной защиты должны быть безопасными, удобными и надежными в работе, они должны обеспечить хорошую влаго- и воздухопроницаемость. При очистке загрязнений сохранить свои защитные свойства.

Для того, чтобы в организм исключить проникновения вредных веществ в организм человека необходимо пользоваться средствами защиты органов дыхания. Для этого применяют респираторы различного рода. В загазованных средах помещения применяются противогазы.

На предприятиях применяют предохранительные щитки и очки. Они применяются для защиты органов зрения от механических травм и термических ожогов.

Наушники и заглушки применяются для защиты органов слуха от шума. Заглушки и наушники должны ослаблять шум до установленных нормативов.

Наушники бывают различных видов и типов, в соответствии с условий работы.

При работах, связанных с возможностью повреждения головы применяются каски. Каски выполненные из пластмассы, а также полиэтилена и иногда из дюралюминия.

При необходимости производственного процесса промоются каскетки, косынки или шапочки.

Для защиты рук выдаются рукавицы и перчатки, при необходимости перчатки резиновые или пропитанные резиной.

Конструкция вибростола должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.011-75, ГОСТ Р МЭК 1029.1-94, «Правил устройства электроустановок», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПОТ РМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00). Требования к вибрационным характеристикам виброактивных машин и шуму на рабочих местах установлены в разделе 5.4 Руководства Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования». 6.2 Шумовые характеристики вибростолов – октавные уровни и скорректированный уровень звуковой мощности определяются по ГОСТ 23941-79, ГОСТ 27408-87, ГОСТ Р 51401-99, СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» и не должны превышать значений.

При работе с вибростолами необходимо: - руководствоваться СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту»; 10 - использовать: - индивидуальные средства защиты для рук от действия локальной вибрации в соответствии с ГОСТ 12.4.002-99; - индивидуальные средства виброизоляции от действия общей вибрации в соответствии с ГОСТ 26568--85; - коллективные средства виброизоляции и динамического виброгашения от действия общей вибрации на рабочих местах; - индивидуальные средства защиты органов слуха от действия производственного шума (противошумные наушники группы Б) в соответствии с ГОСТ Р 12.4.208-99

Допустимое суммарное время работы оператора в контакте с общей и (или) локальной вибрацией, режим работы и отдыха, а также в процессе воздействия на него акустического шума за время рабочей смены – 8 часов контролируется эксплуатирующей организацией в процессе аттестации или паспортизации рабочих мест и устанавливается в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05. 6.7 Указание мер безопасности на вибратор, которым комплектуется вибростол,

согласно одноименному разделу Руководства по эксплуатации на данный вибратор (см. раздел 6 РЭ).

Для обеспечения безопасной работы вибростола электропитание вибратора от трехфазной сети 220 В и 380 В осуществляется через устройство защитно - отключающее (УЗО) - в комплект поставки не входит. Питание однофазных вибраторов, установленных на вибростолах, осуществляется от однофазной сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В через устройство электрозащитного отключения (УЗО). Класс защиты от поражения электрическим током – 1 по ГОСТ Р МЭК 536-94.

Вибростолы должны быть заземлены. Вибростолы должны быть установлены на плоскую поверхность пола, фундамент, при необходимости на виброопоры. Неплоскостность поверхности, на которую установлен вибростол, не более 2 мм на 1000 мм. 7 Подготовка изделия к работе и порядок работ.

Таким образом, ОТиПБ занимает очень важное место и пренебрежение правил недопустимо. Каждый работник обязан соблюдать правила не только на рабочем месте, но и на предприятии в целом, ведь от этого напрямую может зависеть жизнь и здоровье не только самого работника, но и его коллег

8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Материальные затраты

Рассчитаем материальные затраты, в которых отражается стоимость:

– приобретенных со стороны сырья и материалов, которые входят в состав производимой продукции и являются необходимыми компонентами для изготовления огнеупоров;

Структурная схема управления производства изделий марки MAGSTONE A30 приведена на рисунке 14.

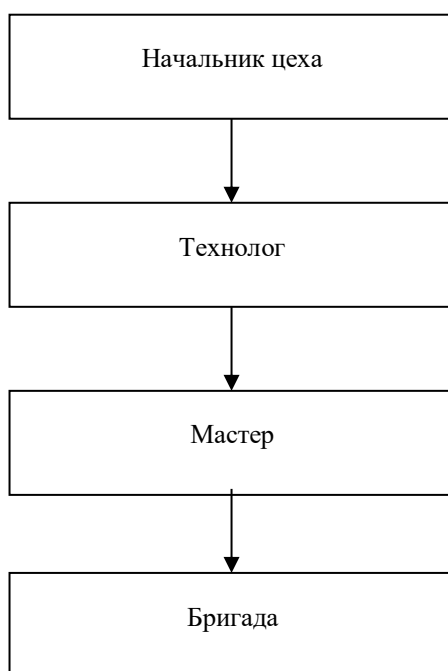


Рисунок 14 – Структурная схема управления производства изделий марки MAGSTONE A30

– приобретенного топлива, расходуемого на технологические цели, выработка энергии, отопления зданий, транспортные работы.

Затраты определяются в зависимости от количества материалов, необходимых для ведения технологического процесса, и цены за единицу.

22 Затраты при расчете себестоимости

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели	Непрерывный режим работы
Календарное время ($T_{\text{кал}}$), дни	365
Выходные дни	182

Праздничные дни	10
Номинальный фонд рабочего времени, дни	182
Невыхода всего	50
Эффективный фонд рабочего времени ($T_{эфф}$), дни	305

Исходя из планируемого числа рабочих дней по балансу и числа дней работы участка в году, определяется коэффициент списочного состава.

$$K_{спис} = \frac{T_{кал}}{T_{эфф}} = \frac{365}{305} = 1,2. \quad (86)$$

Явочная и списочная численность рабочих определяется по формулам:

$$N_{яв} = НО \cdot n \cdot m,$$

где $N_{яв}$ – явочная численность рабочих, чел; $НО$ – норма обслуживания, чел/агр; n – количество оборудования, шт; m – количество смен в сутки, шт.

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{сп};$$

где $N_{сп}$ – списочная численность рабочих, чел; $K_{сп}$ – коэффициент списочного состава.

Для шихтовщиков-дозировщиков, слесарей, электриков, просевщиков, транспортерщиков:

$$N_{яв} = 1 \cdot 1 \cdot 3 = 3 \text{ чел}; \quad N_{сп} = 3 \cdot 1,2 = 4 \text{ чел}. \quad (87)$$

Для дробильщиков:

$$N_{яв} = 2 \cdot 1 \cdot 3 = 6 \text{ чел}; \quad N_{сп} = 6 \cdot 1,2 = 7 \text{ чел}. \quad (88)$$

В таблице приведена расстановочная ведомость по производству шамотных блоков.

Таблица 23 – Расстановочная ведомость

Наименование профессии	Разряд	Кол-во рабочих
Формовщик	6	2
Обжигальщик	6	2
Транспортерщик	4	4
Просевщик	3	2
Дозировщик	3	4
Итого		14

Для обслуживания цеха по производству вибролитых изделий необходимая численность производственных рабочих составляет 59 человек. Средневзвешенный разряд по цеху:

$$T_{\text{пр}} = 100 / (2/6 + 6/2 + 4/4 + 3/2 + 3/4) = 4. \quad (89)$$

Принимаем 4 разряд.

Оплата труда рабочих производится по повременно-премиальной системе по действующим тарифным ставкам, согласно присвоенным разрядам в соответствии со штатным расписанием и «Единым тарифно-квалификационным справочником» за фактически отработанное время. На основную заработную плату насчитывается уральский коэффициент – 15%, а также премия за 100%-ное выполнение плана в зависимости от специальности.

В качестве примера рассмотрим расчет заработной платы формовщика:

- продолжительность смены: 11 часов, 30 минут;
- действительный фонд рабочего времени: 273 дня;
- годовой фонд рабочего времени: $273 \cdot 11,5 = 2047,5$ часов;
- часовая тарифная ставка: 76,39 руб./час;
- заработная плата по тарифу: $2047,5 \cdot 76,39 = 156409$ руб.;
- доплата за работу в вечернее время (20%):
 $273/3 \cdot 7,5 \cdot 76,39 \cdot 0,2 = 10427$ руб.;
- доплата за работу в ночное время (40%):
 $273/3 \cdot 7,5 \cdot 76,39 \cdot 0,4 = 20854$ руб.;

- доплата за работу в праздничные дни: $76,39 \cdot 3 \cdot 24 = 5500$ руб.;
- доплата за мастерство и вредность (18%):
 $2047,5 \cdot 76,39 \cdot 0,18 = 28153$ руб.;
- премия за 100%-ное выполнение плана (70%):
 $156409 + 10427 + 20854 + 5500 + 28153 = 221343 \cdot 0,7 = 154940$ руб.;
- основная заработная плата за год: $221343 + 154940 = 376283$ руб.;
- заработная плата с уральским коэффициентом (15%):
 $376283 \cdot 0,15 = 56442$ руб.
 $56442 + 376283 = 432725$ руб.

Оплата труда руководителей, ИТР МОП производится по персональному окладу с начислением районного коэффициента, равного 1,15. Рабочим, оплачиваемым по персональным окладам, отменяются все виды доплат (кроме МОП).

Таблица 24 – Фонд оплаты труда руководителей, ИТР, МОП

Должность	Ко л-во шта т, ед.	Оклад месяч- ный, руб.	Осно вная з/п руб.	Прем ия		Ураль ский коэф- т (15%), руб.	Общая з/п, руб.
				%	Руб.		
Начальник цеха	1	58 000	58 000	-	-	8 700	800400
Зам. начальник	1	40 000	40 000	-	-	6 000	552000
Начальник отделения	2	30 000	60 000	-	-	4 500	414000
Мастер	1	40 000	40 000	-	-	6 000	552000
Всего							259440
Фонд с учетом дополнительной з/п (14%)							337272
Отчисления на ЕСН (26%)							87690,72
Итого							87690,72

Рассчитаем годовую сумму амортизационных отчислений на выбранное технологическое оборудование, сведем полученные данные в таблице 24.

Таблица 25 – Расчет амортизации

Наименование оборудования	Количество	Общая стоимость, тыс.	Норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений
Дозатора 4488ДН-У-1-6,3	3	195,2	7,0	40,992
Дозатор ДМС-50-2	3	1 80,0	7,0	37,8
Ленточный конвейер	1	1200,1	14,0	168,014
Инсивный меситель «АЙРИХ».	2	4123,6	20,0	1649,44
Щековая дробилка СМ-11А	1	1473,5	16,7	246,0745
Вибростол СМЖ-539	1	184,6	10,0	18,46
Итого		7177		2160,78

Стоимость каждой составляющей шихты 1:

- порошок глиноземистый 400 руб./т;
- микрокремнезем 1610 руб/т;
- полифосфат натрия 1470 руб/т.

Потребность в каждой составляющей шихты с учетом потерь при транспортировке, потерь при прокаливании, влажности сырья представлена в таблице 25; потребность в энергетических ресурсах представлена в таблице 26.

Стоимость каждой составляющей шихты 2:

- брак шамотных изделий 300 руб./т;
- микрокремнезем 1610 руб/т;
- полифосфат натрия 1470 руб/т.

Таблица 26 – Потребность в материальных ресурсах по шихте 1

Наименование вида материальных ресурсов	Потребность	
	кол., т	сум., тыс. руб.
Порошок глиноземистый	55072	22028,80
Микрокремнезем	2972	4811,67
Полифосфат натрия	1486	218,42
Итого	-	29024,89

Таблица 27 – Потребность в материальных ресурсах по шихте 2

Наименование вида материальных ресурсов	Потребность	
	кол., т	сум., тыс. руб.
Брак шамотных изделий	55072	16521,3
Микрокремнезем	2972	4811,67
Полифосфат натрия	1486	218,42
Итого		21551,39

Таблица 28 – Расчет количества и стоимости электроэнергии

Наименование затрат	Единицы измерения	Норма расхода на единиц	Общий расход	Стоимость ед. расхода, руб.	Сумма, тыс. руб.
Электроэнергия	кВт	-	2160,78	4,58	9896,10

Таблица 29– Сводный расчет расходов

№ п / п	Наименование показателей	Стоимость, тыс. руб.	
		Шихта 1	Шихта 2
1	Стоимость продукции, 10100 руб/т	50500	50500
2	Затраты на сырье	29024,89	21551,39
3	Затраты на электроэнергию	9896,10	9896,10
4	ФОТ производственных раб.	432,73	432,73
5	ФОТ руководителей, ИТР	87,69	87,69
6	Амортизация	2160,78	2160,78
7	Себестоимость общая	41602,19	34128,69
8	Прибыль балансовая	8897,81	16371,31
9	Налог на прибыль (30%)	2669,343	4911,393
10	Чистая прибыль	6228,467	11459,92

Таким образом, себестоимость общая за единицу продукции в 1 варианте составила 41602,19 руб., а во 2 варианте – 34128,69 руб., следовательно, благодаря ресурсосбережению рентабельность производства продукции повысилась на 2,44%. Нормативная рентабельность в огнеупорной промышленности составляет 15%, а фактическая рентабельность составила 19,1%. Следовательно, организация производственного процесса по производству MAGSTONE A30 изделий, с предложенным оборудованием и полученным затратами для предприятия экономически выгодна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе, предложено создание ресурсосберегающих технологий путем использования в производстве вторичных шамотных огнеупоров. С учетом предложенного изменения в существующую технологию по производству огнеупорных изделий марки MAGSTONE A30 и заданной годовой производительности 50000 т/год необходимо следующее сырье: производство вторичных шамотных огнеупоров фр. 6–3, 3–1, 1–0 и 0,063 мм, соответствующий требованиям ВТИ 72664728–402–2017; глиноземистый цемент марки SRB710, микрокремнезем марки МК–95; полифосфат натрия; волокно строительное микроармирующее марки ВСМ–11-6 по ТУ 8872–006-13429727–2007; лимонная кислота; Для обжига сырца в печи периодического действия требуется 24,93 м³/час природного газа Урингойского месторождения, для поддержания в зоне обжига в печи периодического действия температуры 300 °С. Для производства шамотных изделий при расчете основного оборудования был произведен расчет необходимого количества механическое оборудование для производства шамотных изделий марки MAGSTONE A30 необходимо основное оборудование: сушила периодического действия – 1 шт; смеситель интенсивного действия 1 шт; вибростол -1шт и вспомогательного: дозатор непрерывного действия типа ЛДА-100 – 3 шт;

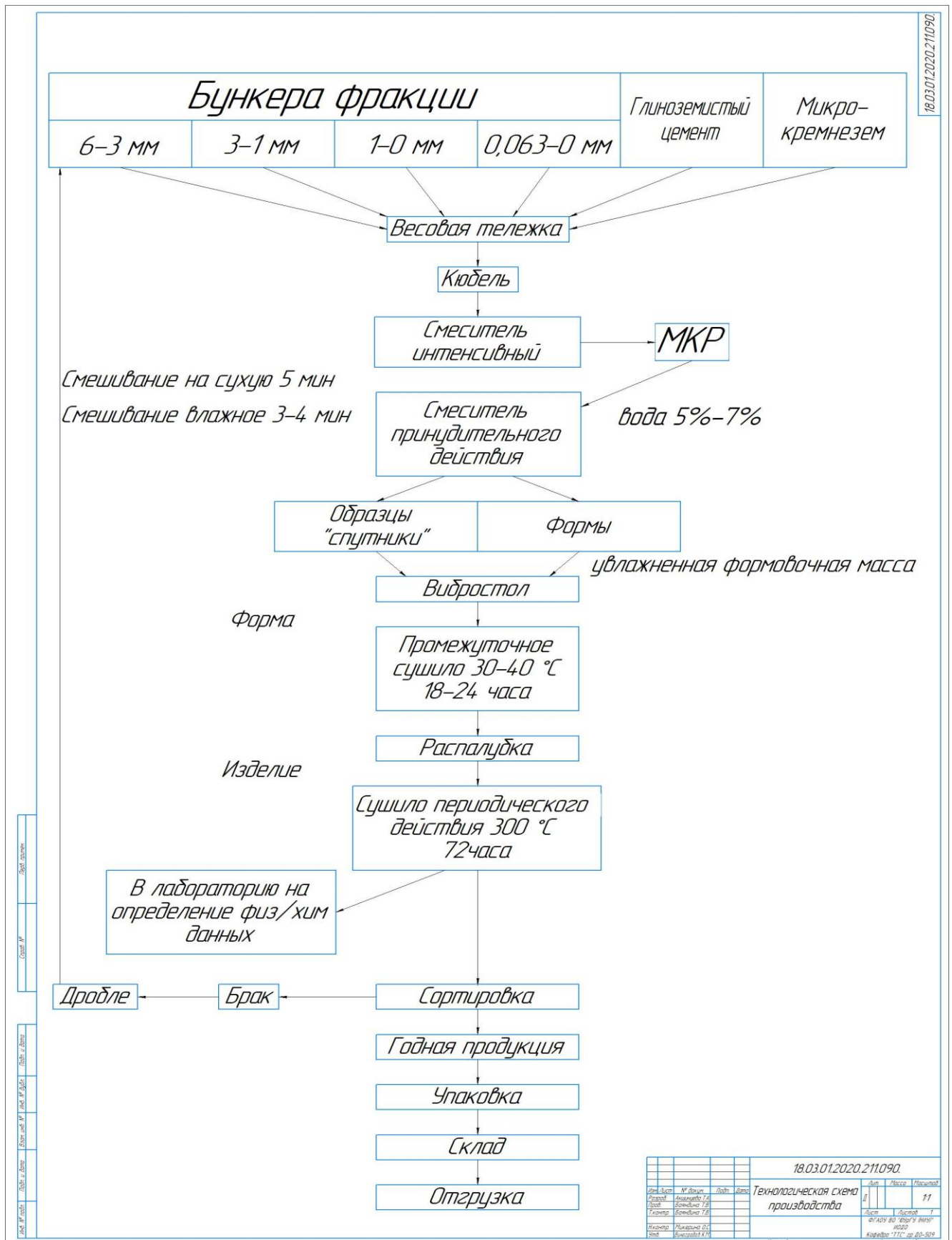
Следовательно, организация производственного процесса по производству огнеупорных изделий марки MAGSTONE A30, с предложенным оборудованием и полученным затратами для предприятия экономически выгодна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

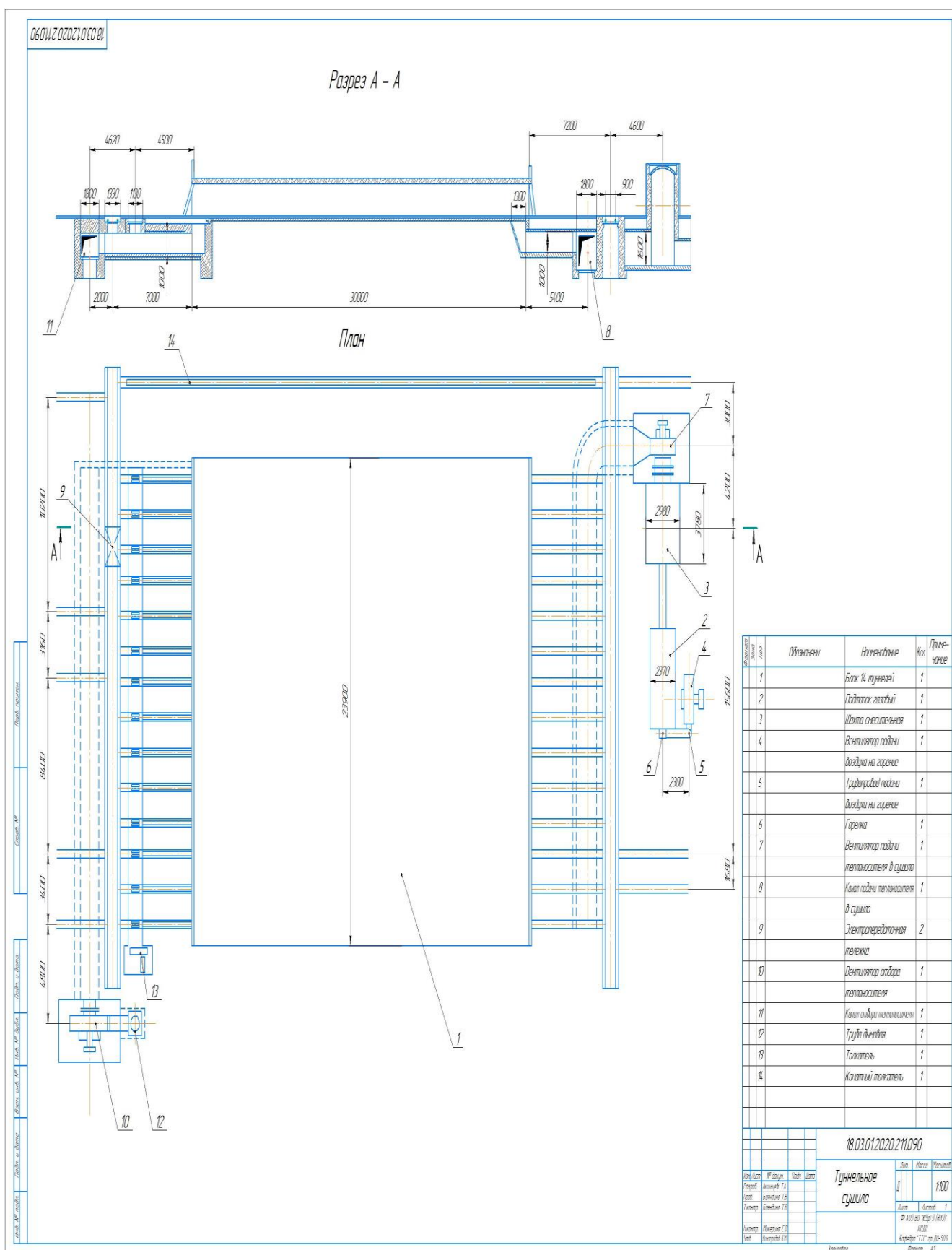
1. Замятин, С. Р. Огнеупорные бетоны / С. Р. Замятин, А. К. Пургин, Л.Б. Хорошавин, И.П. Цибин, В. Д. Кокшаров М. – М.: Металлургия, 1982. – 160 с.
2. Кашеев, И. Д. Производство огнеупоров / И. Д. Кашеев. – М.: Металлургия, 2004. – 352 с.
3. Кашеев, И. Д. Свойства и применение огнеупоров/ И. Д. Кашеев. – М.: Теплотехник, 2004. – 352 с.
4. Ксендзовский, В. Р. Автоматизация печей огнеупорной промышленности / В. Р. Ксендзовский. – М. : Металлургия, 1967.–364 с.
5. Левченко, П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности/ П. В. Левченко. – М: Высшая школа, 1968. – 367 с.
6. Силенок, С. Г. Механическое оборудование предприятий строительной индустрии / С. Г. Силенок. М.: Стройиздат, 1973. – 374 с.
7. Полоцкий, А. М. Автоматизация химических производств / А.М. Полоцкий, Г. И. Лапшенков. – М: Химия, 2002.–158 с.
8. Стрелов, К.К. Технология огнеупоров / К.К. Стрелов, П.С., Мамыкин. – М: Металлургия, 1978. – 267 с
9. Загнойко, В.В. Автоматизированная система контроля и управления вращающейся печи / В.В. Загнойко, П. Г. Челпанов, В.М. Гребенников. // Огнеупоры. – 1994. – № 8.–35 с.
10. Кашеев, И.Д. Химическая технология огнеупоров / И.Д. Кашеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М.: Интермент Инжиниринг, 2007. – 752 с.
11. Солодкий Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности. Справочное пособие / Н.Ф. Солодкий, А.С. Шамриков, В.М. Погребенков. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 332 с.
12. Хорошавин, Л.Б. Магнезиальные огнеупоры. Справочник / Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицын, В.А. Кононов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 547 с.
13. Севостьянов, В.С. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий/ В.С. Севостьянов, В.С. Богданов, Н.Н. Дубинин, В.И. Уральский. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 432 с.
14. Черепанов, К.А. Переработка и утилизация отходов – один из путей рационального использования природных ресурсов/ К.А. Черепанов, М.В. Темлянцев // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2004. – № 12. – С. 73 - 77
15. Черепанов, К.А. Рециклинг боя огнеупорных изделий в металлургии / К.А. Черепанов, М.В. Темлянцев, Е.Н. Темлянцева, А.А. Терре // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2004. – № 12. – С. 69 - 73.
16. Служба огнеупоров: Справочное издание. /Л.М.Акселерод и др. – М.: Интермент Инжиниринг, 2002. – 656 с.

17. Охрана труда. Под ред. Ушакова К.З. – М.: Недра, 2006. – 201 с.
18. Вторичные материальные ресурсы черной металлургии. Справочник в 2-х т. т.1: Лом и отходы черных металлов и огнеупорных материалов / под ред. Хомского Г.С. – М.: Экономика, 1986. – 229 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ Б
Технологическая схема производства



Приложения Г Туннельное сушило



ПРИЛОЖЕНИЯ Д

Схема автоматизации туннельного сушило

