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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____К.М. Виноградов
_____2020 г.

Совершенствование технологии производства периклазоуглеродистых огнеупоров путем использования элементоорганического соединения для модифицирования фенол-формальдегидной смолы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙРАБОТЕ
ЮУрГУ–18.03.01.2020.949.000 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.ф.-м.н., доцент
_____И.А. Бабина
_____2020 г.

Автор работы
студент группы ДО-509
_____И.З. Нигамедьянов
_____2020 г.

Нормоконтролер, преподаватель
_____О.С. Микерина
_____2020 г.

Челябинск 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1 СРАВНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ 6
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 13
2.1 Характеристика сырья и вспомогательных материалов 13
2.2 Принципиальная технологическая схема производства 16
периклазоуглеродистых изделий и ее описание 16
2.3 Технологический контроль производства 19
2.5 Виды брака, причины появления брака, способы устранения 25
2.6 Характеристика готовой продукции 29
3 МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА 30
3.1 Расчет химического состава шихты 30
3.2 Расчет материального баланса и вывод расходных коэффициентов сырья 31
4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 43
4.1Характеристика основного оборудования 43
4.2 Расчет производительности и количества основного оборудования 47
4.3 Характеристика вспомогательного оборудования 48
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 51
5.1 Конструкция и работа термопечи 51
5.2Расчет горения природного газа 53
5.3 Конструктивный расчет 55
5.4 Тепловой баланс термопечи 57
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ 68
7 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 72
7.1 Организация труда и заработной платы 72
7.1.1 Режим работы предприятия 72
7.1.3 Расчет численности трудящихся 74
7.2 Организация инфраструктуры отделения 103
7.2.1 Определение затрат на электроэнергию 103
7.2.3 Определение затрат на охрану труда 105
7.2.4 Определение затрат на амортизации и ремонтный фонд 106
7.3 Определение себестоимости продукции 107
7.4 Расчет экономической эффективности от внедрения оргтехмероприятий 108
8 ОХРАНА ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 111
8.1 Охрана труда 111
8.2 Охрана окружающей среды 113
8.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций 114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 118

ВВЕДЕНИЕ

Периклазоуглеродистые изделия применяются для футеровки стен сталеразливочного ковша. Использование данных изделий имеет ряд преимуществ: устойчивость против агрессивной среды расплавленного металла и жидкого шлака, высокие физико-механические свойства, обеспечивающие более 50 плавок в сталь-ковше. Кроме того они характеризуются постоянством объёма, что обеспечивает минимальное изменение линейных размеров изделий и как следствие – проникновение жидкой стали и шлака в швы футеровки.

Высокая термостойкость и соответственно малая склонность к растрескиванию также дает преимущество периклазоуглеродистым изделиям в процессе их службы, а применение антиоксидантов в их составе позволяет увеличить продолжительность кампании всей футеровки за счет уменьшения степени окисления графита в изделиях.

В настоящее время актуальным направлением в разработке новых и усовершенствовании существующих технологий ПУ-изделий является применение различных формальдегидных смол с добавками антиоксидантов (металлический алюминий, карбиды и бориды металлов). Поэтому в дипломном проекте предложена технология применения, базирующаяся на применении высокочистого периклазового порошка и формальдегидной смолы с добавкой алюминия в качестве антиоксиданта.

Цель дипломного проектирования– разработать технологию производства периклазоуглеродистых изделий на жидкой формальдегидной смоле и разработать смесительно-прессовый участок технологической линии под производство данных изделий.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

– Провести анализ производства периклазоуглеродистых изделий.

– Изучить номенклатуру готовой продукции и исходного сырья.

– Рассмотреть технологию производства периклазоуглеродистых изделий.

– Изучить физико–химические процессы производства.

– Предложить усовершенствование технологии.

– Подобрать механическое и теплотехническое оборудование с учетом предложения по изменению в технологии и определить его количество единиц на основе годовой производительности по готовой продукции.

– Составить тепловой и материальный балансы производства.

– Изучить автоматизацию термопечи.

– Ознакомиться с текущим и метрологическим контролем производства.

– Рассчитать себестоимость продукции, рентабельность производства, срок окупаемости при внесении изменений в технологию.

– Провести анализ негативных факторов и мер защиты от их воздействия, охраны окружающей среды, предупреждений и ликвидаций чрезвычайных ситуаций на производстве.

В технологии производства ПУ-изделий для ресурсосбережения предложено брак прессования и термообработки возвращать в производство. Для снижения энергозатрат предложено использовать смеситель фирмы «Eirich»RV–15, а так же пресс фирмы «Laies» HPF–2500.

При использовании смесителя фирмы «Eirich» наблюдается экономия электроэнергии в количестве 10 кВт·ч/т. При использовании пресса фирмы «Laies» наблюдается экономия электроэнергии в количестве 1,5 кВт·ч/т. Общая экономия электроэнергии составит 11,5 кВт·ч/т, что позволит снизить себестоимость выпускаемой продукции [6].

Таким образом, для обеспечения заданной годовой производительности необходимо иметь сырье в следующем количестве, т/г: плавленый периклазовый порошок фракции 6–4 мм – 2933,15; плавленый периклазовый порошок фракции 4–1 мм – 18308,40; плавленый периклазовый порошок фракции 1–0 мм – 114433,94; плавленый периклазовый порошок т/м фракции – 4579,48; графит – 6864,46; ФФС – 1370,99; антиоксиданты – 457,00.

Затраты на единицу продукции составили 65217,02руб. Цена единицы продукции 77 000 руб.

1 СРАВНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Периклазоуглеродистые изделия представляют собой композиции, состоящие из высокоогнеупорного материала (плавленый периклаз), графита, органического связующего [1].

Физико-химические показатели и служебные свойства периклазоуглеродистых огнеупоров наиболее полно удовлетворяют требованиям потребителей, обеспечивая ресурсосбережение снижением энергетических, материальных и трудовых затрат как при производстве, так и при использовании огнеупорных изделий.

Основными производителями периклазоуглеродистых изделий являются: Япония, Китай, США, Германия, Австрия и Югославия. В нашей стране данные изделия производит компания ООО «Группа «Магнезит», годовая производительность выпуска которых составляет более 40 000тонн в год, что позволяет удовлетворить требования металлургических компаний на территории России и ближайшего зарубежья [2].

Периклазоуглеродистые изделия применяют в футеровках тепловых агрегатов, связанных с производством стали: электродуговых печи, кислородные конвертора, сталеразливочные ковши [3].

Ведущая роль в разработке, изготовлении и применении периклазоуглеродистых изделий принадлежит японским фирмам: «Kyushu Refractories Co. Ltd», «Shinagawa Refractories Co. Ltd» и «Kurosaki Refractories Co. Ltd» [2].

Кроме указанных японских фирм, исследования по разработке составов, технологии, изучению свойств, анализу практического применения периклазоуглеродистых изделий ведутся австрийскими фирмами «Radex» и «Veitscher Magnesitwerke AG», объединенными в настоящее время в одну фирму «Veitsch–Radex AG», а также фирмами «Didier–Werke AG» (Германия), «Steetley Refractories», «GR– Stein Refractories» (Англия), «Nuova Sirma» (Италия), «Dewis Refractories», «General Refractories» (США), «Mayerton Refractories» (Ирландия) и др.

Приоритет в разработке и производстве периклазоуглеродистых изделий принадлежит фирме «Kyushu Refractories» [4]. ПУ-изделия этой фирмы имеют низкую пористость (2,0—4,0 %)и высокий предел прочности при сжатии (40—80 МПа).

Одна из крупнейших огнеупорных фирм в мире — фирма «Shinagawa Refractories» — другой важный поставщик периклазоуглеродистых изделий марки Magtait (MGT). Эти изделия используют для футеровки кислородных конвертеров. Японская фирма «Kurosaki Refractories» также является одним из важных производителей периклазоуглеродных изделий марки Cardie. Их изготавливают на основе плавленого, спеченного периклаза с добавлением крупночешуйчатого графита, а так же их смесей [4].

Степень выгорания углерода из изделий марки Cardie при 1500 °С (выдержка 3 ч) составляет 40—60 %, толщина окисленной зоны 4,5—6,1 мм [4].

Фирма «Kawasaki Refractories» также составляет конкуренцию на японском рынке периклазоуглеродистых изделий [2].

Периклазоуглеродистые изделия в Австрии производит фирма «Radex», в последнее время выступающая на рынке вместе с фирмой «Veitscher Magnesitwerke», марок Radex и Ankarbon, которые содержат 85-90% MgO,

10-15% С имеют открытую пористость менее 5 %, предел прочности при сжатии более40 МПа и количество остаточного углерода составляет 5 –10 % после нагрева при 1000 °С [4].

В Англии фирма «GR–Stein Refractories» выпускает периклазоуглеродистые изделия марки GRCARBON на основе плавленого периклаза с содержанием оксида магния более 95 %, и высокочашуйчатого графита 15—20 %. Аналогичную продукцию выпускает фирма «Steetley Refractories», она выпускает изделия марки — С–Bond [5].

В Германии периклазоуглеродистые изделия производила огнеупорная фирма «Didier–Werke». На данный момент фирма входит в холдинг «RHI Magnesita» и производит ПУ-изделия под маркой CRB(carbonrefractorybrick), рекомендующиеся для использования в шлаковом поясе электродуговых сталеплавильных печей. Периклазоуглеродистые изделия других фирм Германии: «Dolomitwerke WUlfrath», — марка Sinmaform, «Magnesitwerke» — марки от Р–150 до Р–9815, «Refratechnik GmbH» — марка Maqarbon, «Magnesital–Feuerfest GmbH» — марка С–Mag — содержат от 80 и более MgO, 5–15 % С и имеют предел прочности при сжатии более 35 МПа, открытую пористость менее 5 % [4].

Производство периклазоуглеродистых огнеупоров в Европе освоено также в Испании, основным производителем магнезиальных огнеупоров в стране является фирма «Aristegi Material Refractories», выпускающая около 25 тыс. т. периклазоуглеродистых, смолопропитанных огнеупоров.

Одна из крупных огнеупорных итальянских фирм «NuovaSirma», производит изделия системы MgO–C на основе плавленого периклаза, а также из спеченных периклазовых порошков, содержащих примеси. Огнеупоры марок Sirbond–12 и Sirbon–18 рекомендуются фирмой для футеровки электродуговых печей и шлакового пояса ковшей. Огнеупоры марок Sirbond–12A и Sirbond–18A производят на основе спеченного периклазового порошка, а Sirbond–12T и Sirbond–18T – из плавленого периклаза.

В Канаде фирма «Canadian Refractories» выпускает периклазоуглеродистые изделия марки Cardie для футеровок конвертеров [4].

В США фирма «North American Refractories» выпускает изделия марки Cardie для электросталеплавильных печей.

Фирма «Magnohrom» в Югославии производит периклазоуглеродистые изделия марок Sitmag и Permag для конвертеров, электросталеплавильных печей и сталеразливочных ковшей [5].

В других странах: Мексике («Refractories H–W Feir»), Венесуэлле («Ceramica Carabobo») и Турции («Citozan Kuves») производство ПУ-изделий незначительно.

За рубежом периклазоуглеродистые изделия изготавливают как на основе плавленного, так и его комбинации со спеченным периклазом.

В России периклазоуглеродистые изделия производит ООО «Группа «Магнезит» из плавленого периклаза марки ГМПП с содержанием основного оксида 95,96 и 97 % для конвертеров и сталь-ковшей [6].

Анализ составов зарубежных и отечественных периклазоуглеродистых изделий показал, что они преимущественно состоят из высокочистого плавленого периклаза и крупночешуйчатого графита и в целом различные изделия близки по своим составам – 90 % заполнителя, 10 % графита, 3—5 % органической связки.

Анализ термомеханических свойств зарубежных и отечественных периклазоуглеродистых изделий показал, что их предел прочности изменяется от 40 до 80 МПа, составляя в среднем 35—40 МПа. Рекомендуемые показатели прочности также находятся в этой области, так как повышение предела прочности не оказывает влияния на износоустойчивость изделий.

Открытая пористость периклазоуглеродистых изделий очень низкая и составляет в среднем до 5 %, хотя в ряде случаев открытая пористость изделий возрастает до 6-7 %. Поэтому открытая пористость рекомендуемых изделий должна составлять не более 6 %.

Кажущаяся плотность изделий в среднем составляет 2,90–3,0 г/см^3, что рекомендуется для предлагаемых к изготовлению изделий [4].

Другие термомеханические свойства периклазоуглеродистых не регламентируются.

Таким образом, технологии на основе высокочистых периклазовых порошков и графитсодержащих материалов позволяют достигнуть высоких и стабильных физико-механических показателей готовых изделий [7].

Периклазоуглеродистые изделия получили широкое применение в металлургических агрегатах в разных странах мира, особенно в тех регионах, где производят периклаз.

Производственный процесс изготовления периклазоуглеродистых изделий состоит из этапов подготовки, смешения, формования, термообработки, при необходимости последующей шлифовки, а также упаковки и отгрузки.

Принципиальная технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий в общем виде представлена на рисунке1 [9].

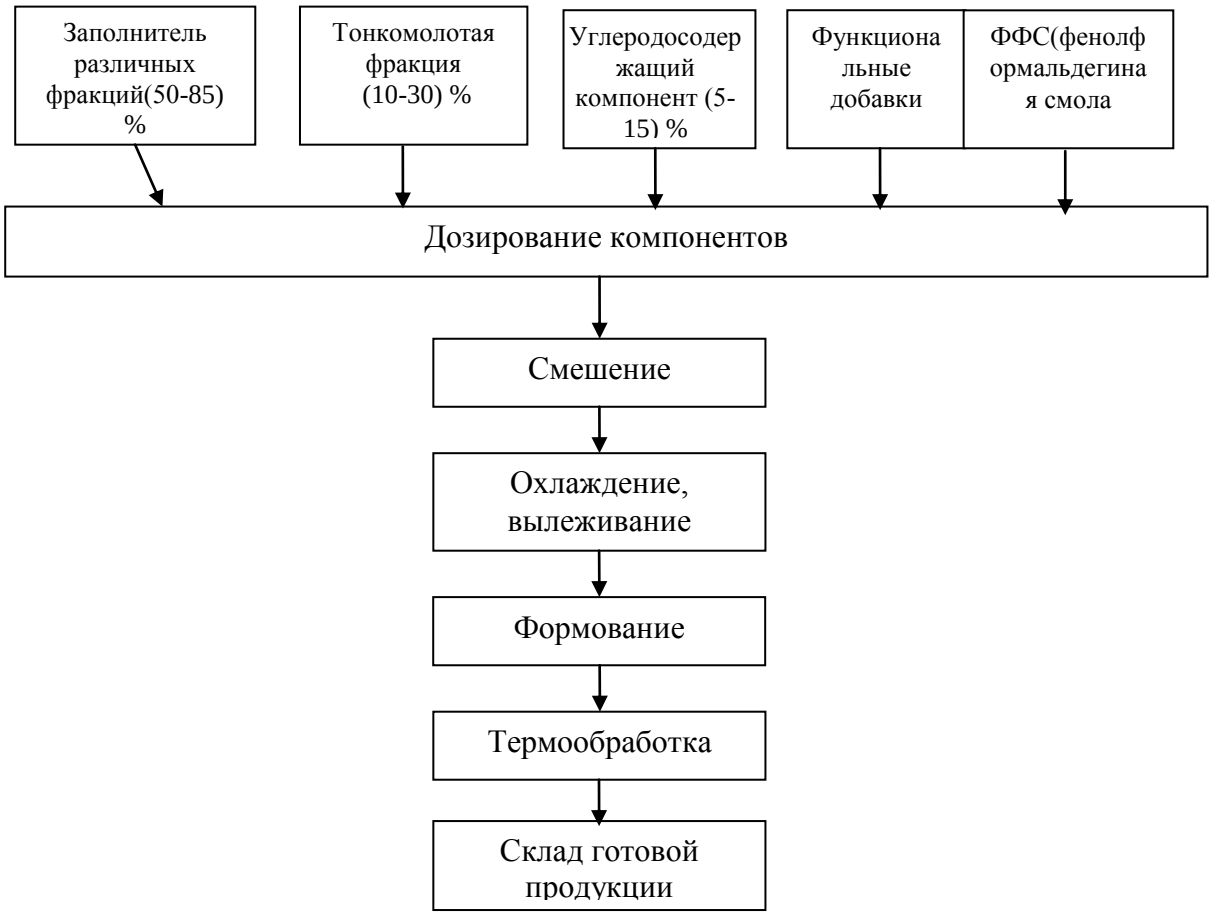


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий в общем виде

Подготовка включает измельчение сырьевых материалов путем дробления или помола, фракционное измельчение материалов путем грохочения и изготовления смесей, предназначенных для дальнейшего формования, в соответствии с рецептурой. Многие компании не подготавливают сырьевые материалы на собственных предприятиях, а приобретают их в бункерах, контейнерах биг-бэг или в мешках [10].

Большая часть материалов, применяемых в производстве огнеупоров, является минеральным сырьем природного происхождения. Сырьевые материалы необходимо обработать так, чтобы в них оставалась минимальная доля вредных примесей. Такая обработка называется обогащением [11].

Существуют несколько методов обогащения сырья, таких как обогащение, в тяжелых водных суспензиях, флотация, химическое обогащение и др. На данный момент актуальным методом обогащения является метод с применением рентгено-флуоресцентного анализатора [10].

Сырье, которое претерпевает при нагреве значительное объемное расширение или существенную потерю массы, подвергают предварительному обжигу во вращающихся, шахтных, электродуговых печах в некоторых случаях до 1900 ^{o} С.

Задачей спекания является получение после измельчения (дробления) плотного зерна стабильного размера для производства огнеупоров [10,11].

Из-за повышения требований по качеству огнеупорных материалов все чаще применяется синтетическое сырье. Оно выпускается специализированными производителями и часто поставляется с заданным гранулометрическим и химическим составом [12].

Чтобы из мелкодисперсных исходных материалов получить плотное зерно, формуют брикеты или гранулы (которые спекают при высоких температурах) или порошок плавят на блок в электродуговой печи, а затем измельчают [10].

Плавленое зерно плотнее (общая пористость <3 %), чем спеченное (общая пористость < 10 %), и содержит более крупные кристаллы. С другой стороны, оно имеет более низкую реакционную способность [11].

Порошки тонкого помола оцениваются и выбираются в соответствии с критериями реакционной способности и спекаемости [12]. Используют слабообожженные молотые порошки, а также тонкомолотое плотно спеченное или плавленое зерно.

В большинстве случаев к зернистой смеси добавляют подходящую связку или комбинацию связок. В результате этого обеспечивается удовлетворительная применяют для того, чтобы модифицировать структуру огнеупоров для получения специальных свойств [1].

Состав шихты и некоторые особенности технологии периклазоуглеродистых изделий отражены в различных патентах и заявках [13], а также в различной технической литературе, анализ которых позволил обобщить результаты в виде таблицы 1 – составы углеродосодержащих огнеупоров [9].

Таблица 1 – Составы углеродосодержащих огнеупоров с использованием плавленых материалов и графита.

Заполнитель в количестве (50–85), %	Тонкомолотая фракция < 0,063 мм в количестве (10–30), %	Углеродосодержащий компонент в Количестве (5–25), %	Связующее в количестве (3–5), %, сверх 100 %	Антиоксидант в количестве (0,5–3) %, сверх 100 %
Периклаз Плавленый периклаз+ спеченный периклаз	Периклаз Дробленый брак изделий	Графит Коксы Графит +коксы Сажа Нанотрубки	Фенолофор-мальдегидные смолы ФФС+СФП Смеси ФФС	Алюминий Магний Карбиды Нитриды

Для смешения шихтовых материалов используют смесители с лопастной мешалкой (интенсивные смесители) и бегуны. В процессе смешения в бегунах возможно получение более предпочтительного гранулометрического состава прессовочной массы в результате дополнительного измельчения. В современном лопастном смесителе удается оптимально смешивать материалы различных минерального и гранулометрического составов в одном и том же замесе. Другим

важным обстоятельством при интенсивном смешении является то, что при использовании всех стандартных смесителей процесс расфракционирования превалирует над процессом смешения. В интенсивном смесителе, который имеет чашу с наклонным положением, расфракционирование не происходит [9].

Операции смешения обеспечивают необходимые характеристики массы для формования и получения готового продукта.

Выбор способа формования зависит от массы, желаемых свойств конечного продукта, количества изделий, а также от сложности их формы. Оптимальные соотношения технических и экономических требований достигаются при прессовании изделий на фрикционных, гидравлических, изостатических и других прессов. Перспективным считается формовочный комплекс, в котором прессуемая масса сначала медленно поджимается, а затем прессуется.

Независимо от выбранного типа пресса главной задачей является контроль размеров сформованного сырца, для того чтобы свести до минимума разброс изделий по толщине [12].

Периклазоуглеродистые полусухие массы содержат графит в составе, с увеличением доли которого прессование изделие затрудняется ввиду обратного расширения сырца после снятий напряжений. Это происходит из-за доизмельчения крупночешуйчатого графита и его физической природы. Такие дисперсные массы формуют многоступенчатым прессованием, с медленной скоростью нарастания давления на 1 ступени и полным снятием усилия прессования придостижении заданного давления на первой ступени.

Заключительным этапом в технологии производства периклазоуглеродистых изделий является процесс термообработки.

Термообработку производят в специально сконструированных печах или сушилах, исключающих процесс коксования. Такие печи представляют собой туннель, вмещающий более 40 поддонов с изделиями. Изделия после прессования укладываются на металлические поддоны. Высота садки составляет 600–800 мм, что исключает перепад температур между верхом и низом садки [9].

В некоторых случаях готовые изделия необходимо обработать шлифованием. Готовые изделия упаковывают и отгружают потребителю.

Анализ научно–технической литературы показал, что периклазоуглеродистые изделия являются перспективными разработками в технологии огнеупоров для черной металлургии [14]. При этом параллельным направлением в разработке новых и усовершенствовании существующих технологий является создание ресурсо- и энергосберегающих технологий. Поэтому в дипломном проекте предложено основное смесительно-прессовое оборудование для участка технологической линии производства периклазоуглеродистых изделий с добавлением антиоксидантов в жидкую фенолформальдегидную смолу.

Целью дипломного проектировании –сравнением экономического эффекта двух технологий производства ПУ-изделий (ФФС + антиоксидант и СФП+ этиленгликоль).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить технологию производства периклазоуглеродистых изделий.
- Изучить физико–химические процессы производства.
- Ознакомиться с браком производства и способами его устранения.
- Подобрать и рассчитать, исходя из заданной годовой производительности, необходиимое количество механического оборудования.
- Составить материальный и тепловой баланс производства периклазоуглеродистых изделий, с учетом годовой производительности.
- Ознакомиться с автоматизацией производства.
- Провести расчет основных технико–экономических показателей производства.
- Ознакомиться с основами техники безопасности и защиты окружающей среды при производстве периклазоуглеродистых изделий

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Характеристика сырья и вспомогательных материалов

Для производства периклазоуглеродистых изделий используется плавленый периклазовый порошок марки ГМП производства ООО «Группа «Магнезит» соответствующий ТУ 14–8–234–87, графит кристаллический соответствующий ГОСТ 5279–79, связующее смола фенолоформальдегидная жидкая, соответствующая ГОСТ 20907-2016, антиоксидант металлический алюминий по ГОСТ 5494-95.

Физико-химические показатели плавленого периклазового порошка марки ГМПП – 95 указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели плавленого периклазового порошка марки ГМП-95

Наименование показателя	Норма для фракции 6–4 мм	Норма для фракции 4–1 мм	Норма для фракции 1–0 мм	Норма для фракции 0,063–0 мм
Массовая доля, % MgO, не менее CaO, не более Fe_2O_3, не более SiO_2, не более		95,0 1,5 2,2 1,5		95,0 1,5 2,2 1,5
Массовая доля зерен, % Остаток на сетке №6, не более Остаток на сетке №4, не более Проход через сетку №4, в пределах Остаток на сетке №1, не более Проход через сетку №1, в пределах Проход через сетку №05, в пределах Проход через сетку № 0063, не менее	 10 - 10-15 - - - -	 - 10 - - 10-20 - -	 - - - 20 - 35-60 -	 - - - - - - 97
Массовая доля влаги, %, не более	0,5			
Каж.плотность, г/см^3	>3,35	>3,35	-	-

Требования по ГОСТ 5494-95 к антиоксиданту металлическому алюминию указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели металлического алюминия

Марка	Гранулометрический состав (остаток на ситах не более, %			Химический состав, %						
	+008	+0056	+0045	Al	Fe	Si	Cu	Mn	W	жировых добавок
ПАП-1	1,0	-	-	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8
ПАП-2	-	0,3	0,5	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8
ПАГ-1	1,5	-	-	90	-	-	-	-	-	2,4
ПАГ-2	-	0,7	-	88	-	-	-	-	-	3,0
ПАГ-3	-	-	0,5	86	-	-	-	-	-	3,2

Графит кристаллический, применяемый в технологии производства ПУ-изделий, должен соответствовать ГОСТ 5279–79. Физико-химические показатели графита указаны в таблице 4.

Таблица 4– Физико-химические показатели о графита

Наименование показателей	Значение
Зольность, %. Не более	8,5
Выход летучих веществ, % не более	1,5
Остаток на сетке №2, %, не менее	75
Массовая доля влаги, %, не более	1,0

Связующая смола фенолоформальдегидная жидкая, соответствующая ГОСТ 20907-2016. Физико-химические показатели ФФС указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические показатели фенолоформальдегидной смолы

Наименование показателей	Показатель
Массовая доля свободного фенола, %, не более	2,0
Остаток на сетке №01К, %, не более	5,0
Массовая доля коксового остатка, %, не менее	57,0

Фенолоформальдегидная смола — густая жидкость от красно до темно-коричневого цвета, с характерным запахом, ядовита. Плотность 1,15-1,25 г/см^3.Для повышения количества коксового остатка после термообработки могут вводиться СФП (сухие фенольные порошкообразные смолы) в состав ФФС.

В обозначении марок: буквы СФП – связующее фенольное порошкообразное, числа после тире — обозначение марки фенолформальдегидной смолы, используемой в производстве данного связующего. Внешний вид — тонкий порошок от белого до темно коричневого цвета. Представляет собой смесь твердой фенолформальдегидной смолы и уротропина с добавкой модифицирующих веществ или без них.

Требования безопасности. Токсично, при его переработке могут выделяться пары фенола (ПДК = 0,3 г/м^3), формальдегида (ПДК = 0,5 мг/м^3) и аммиака (ПДК = 20 мг/м^3), выделяет пыль (ПДК = 6 мг/м^3). СФП горюче. Пожаро– и взрывоопасные характеристики:

–температура воспламенения — 410 °С;

–температура самовоспламенения— 520 °С,

–нижний предел взрываемости аэровзвеси 15—22,7 г/м^3 [2].

Физико-химические показатели СФП указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Физико-химические показатели СФП

Показатель	СФП –0125М
Массовая доля свободного фенола, %, не более	1,0
Текучесть	25–65
Массовая доля уротропина, %	6,0–7,5
Время желатинизации, с	40–100
Потери при бакелизации, %, не более	5,0
Коксовый остаток, %, не менее	57,0
Остаток на сетке №01К/0,45К, %, не более	5,0/20–25

2.2 Принципиальная технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий и ее описание

Технология производства периклазоуглеродистых изделий складывается из основных стадий: дозирования, смешения, вылеживания, формования, термообработки и сортировки.

Принципиальная технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий изображена на рисунке 2.

Сырьевые материалы автотранспортом поступают в цех, с помощью мостового крана подаются на площадку бункеров и растариваются в приемные бункера над смесителем.

Фенолоформальдегидные смолы предварительно подогреваются и подаются в приемный бак технологического потока с помощью насосов.

Состав шихты, %:

- плавленый периклазовый порошок фр.6-4 мм (10 %);
- плавленый периклазовый порошок фр.4-1 мм (40 %);
- плавленый периклазовый порошок фр.1-0 мм (25 %);
- плавленый периклазовый порошок фр.0,063-0 мм (10 %);
- графит (15 %);
- ФФС (сверх 100 %) – 3 %.
- антиоксидант металлический алюминий (сверх 100 %) – 1 %.

Дозирование составляющих шихту компонентов осуществляется автоматическими дозировочными весами для порошкообразных материалов ДПО–250. Дозирование жидких составляющих осуществляется автоматическими весовыми дозаторами ДЖУ–20.

Компоненты шихты по течке поступают в смеситель «Eirich» RV – 15. Приготовление массы производится по следующему режиму: разгрузка зернистых компонентов и 2/3 жидкой ФФС с последующим смешиванием – 3-5 мин, подача графита и тонкомолотой составляющей и их смешивание – 5-10 мин, слив оставшейся ФФС и разгрузка антиоксиданта со смешиванием – 10-15 мин. Общий цикл смешивания продолжается около 30 минут.

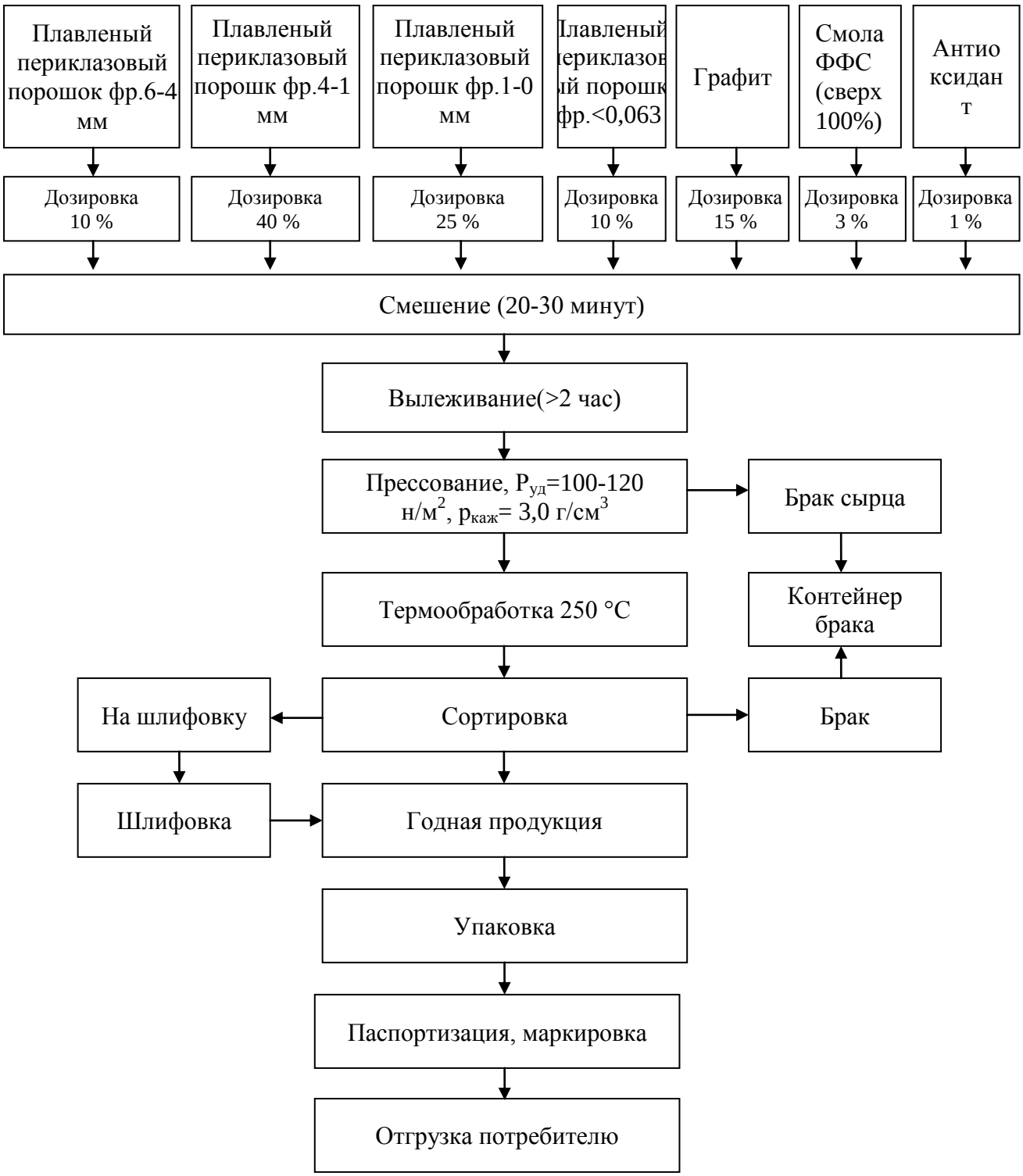


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий

Готовая к прессованию масса выгружается в кюбель. Масса перед прессованием выдерживается не менее 2 часов, затем с помощью мостового крана подается в приемные бункера прессов.

Прессование периклазоуглеродистых изделий производиться на прессах марки «LAEIS»серии HPF моделей 1600, 2000 и 2500. Максимальное удельное давление прессования 200 Н/мм^2.

Спрессованные изделия должны иметь кажущуюся плотность не менее 3,00 г/см^3 для обеспечения качественных физико-механических показателей после термообработки.

После прессования сырец вручную укладывается на металлический поддон в соответствии с утвержденными схемами укладки.

Поддоны должны быть чистыми. Деформированные поддоны в производство не допускаются.

Термообработка изделий производится в термопечи. Термообработанные изделия сортируются, при необходимости шлифуются. Готовые изделия паспортизуют, упаковывают, маркируют и отправляют потребителю.

Брак термообработки и прессования вывозится и дробится на стороннем предприятии до фракции 3–0,5 мм, после чего возвращается обратно в производство и добавляется в массу в объеме не более 10 % от массы замеса [6].

2.3 Технологический контроль производства.

Технологический контроль производства периклазоуглеродистых изделий представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Технологический контроль производства

Наименование контролируемого материала	Контролируемые параметры	Место отбора проб	НД для контроля
Плавленый периклазовый порошок фр.6–4 мм	1.Массовые доли MgO, CaO, SiO_2, Fe_2O_3 2.Зерновой состав на ситах № 6, 4 3.Влажность 4.Каж.плотность	Приемный бункер	ГОСТ 2642.8–86 ГОСТ 2624.7–86 МВИ 1367–92 ГОСТ 2645.5–86 МВИ 97–90
Плавленый периклазовый порошок фр.4–1 мм	1.Массовые доли MgO, CaO, SiO_2, Fe_2O_3 2.Зерновой состав на ситах № 4,1 3.Влажность	Приемный бункер	ГОСТ 2642.8–86 ГОСТ 2624.7–86 МВИ 1367–92 ГОСТ 2645.5–86 МВИ 97–90
Плавленый периклазовый порошок фр.1–0 мм	1.Массовые доли MgO, CaO, SiO_2, Fe_2O_3 2.Зерновой состав на ситах № 1, 05, 0063 3.Влажность	Приемный бункер	ГОСТ 2642.8–86 ГОСТ 2624.7–86 МВИ 1367–92 ГОСТ 2645.5–86 МВИ 97–90
Тонкомолотый плавленый периклаз	1.Массовые доли MgO, CaO,SiO_2 2.Зерновой состав на ситах № 0063	Приемный бункер	ГОСТ 2642.8–86 МВИ 97–90
Графит	Зольность	Приемный бункер	ГОСТ 17818.4–80
Алюминий металлилический	Массовая доля Al	Приемный бункер	ГОСТ 5279–79
Масса периклазоуглеродистых изделий	1.Изменение массы при прокаливании 2.Массовая доля С 3.Насыпная плотность массы 4.Режим приготовления массы 5.Время вылеживания массы	Прессфор-ма пресса	ГОСТ2642,2–86 ГОСТ 27707–88 МИ–200–1–02–82
Спрессованные изделия	1.Размеры и внешний вид 2.Кажущаяся плотность 3. Открытая пористость	пресс	

2.4 Физико-химические основы производства периклазоуглеродистых изделий.

Огнеупоры системы MgO–C на российском рынке являются активно развивающимися и перспективными для сталеплавильного производства и черной металлургии в целом.

Периклазоуглеродистые изделия производят в России на ряде предприятий по технологии периклазографитовых огнеупоров. Эти изделия применяют главным образом в сталеразливочных ковшах и благодаря высокой стойкости они вытеснили ковшевые огнеупоры других типов [4].

В состав шихты для производства периклазоуглеродистых изделий входят: зернистый заполнитель различных фракций из высокочистых огнеупорных материалов (периклаз, корунд, шпинель), графит, жидкие фенолоформальдегидные связующие, различные антиоксиданты и добавки.

Основу физико-химический свойств и реакций, протекаемый на границе огнеупора и корродиента, определяет наличие углерода в изделиях (графита).

Графит обладает высокой температурой плавления (3700 °С), химически инертен, не взаимодействует с основными и кислыми шлаками, кислотами и щелочами, не деформируется. При высоких температурах он является восстановителем, а при температуре 600-700 °С интенсивно окисляется кислородом, характеризуется низким значением коэффициента самодиффузии, в связи с чем невозможно получить изделия из чистого порошкообразного углерода методом спекания. Поэтому углерод как огнеупорный материал применяют в комбинации с тугоплавкими оксидами, при этом стремясь к увеличению его массовой доли в готовых изделиях. Углерод термостоек в связи с низким значением коэффициента термического расширения и высокой теплопроводностью.

Основным свойством углеродистых материалов, характеризующим сроки их службы в тепловых агрегатах, является устойчивость к окислению. Сопротивляемость к окислению напрямую зависит от степени упорядоченности кристаллической решетки углерода, в связи с чем крупночешуйчатый графит является самым перспективным углеродсодержащим материалом в технологии периклазоуглеродистых изделий.

Углерод предотвращает проникновение шлака и жидкой стали в огнеупоры, что связано с его низкой смачиваемостью расплавами и способностью восстанавливать оксиды железа в шлаке, повышая при этом вязкость и температуру плавления. Газообразные продукты окисления углерода (CO и CO_2) заполняют поры и создают противодавление, препятствующее проникновению шлака. С ростом содержания графита повышается шлакоустойчивость огнеупора [4].

Периклазоуглеродистые огнеупоры описываются системой MgO-C. Основными реакциями, протекающими в данной системе, являются реакции восстановления MgO углеродом до Mg и CO с параллельным процессом восстановления CO_2 до 2CO. Углерод быстро окисляется и поэтому требуется защита от доступа кислорода. Основным механизмом, обеспечивающим сохранение углерода в изделиях, является добавление металлического алюминия

в их состав (он обладает большим сродством к кислороду чем углерод, в связи с чем окисляется в первую очередь до образование тугоплавкого оксида Al_2O_3). Полученный оксид при больших температурах взаимодействует с дисперсной фазой огнеупора, состоящей из MgO, с образованием шпинели с последующим уплотнением структуры огнеупоров. Данный процесс позволяет повысит стойкость кампании всей футеровки теплового агрегата.

В огнеупорах системы MgO-C особо важная роль принадлежит периклазу, который способствует уменьшению износа и повышает стойкость изделий, а также такие свойства как коррозионная стойкость, расширение, термическая стойкость и др.Низкая пористость зерен плавленого периклаза и повышенная устойчивость к восстановлению углерода до газообразного состояния придает изделиям повышенную стойкость. Применение плавленого периклаза взамен спеченного значительно снижает скорость износа огнеупоров.

Оксиды железа в шлаке восстанавливаются углеродом до металла, что приводит к росту эвтектической температуры шлака на поверхности огнеупора

с 1333 до 1600 °С и тем самым защищается горячая поверхность огнеупора от преждевременного разрушения вследствие формирования вязкого шлакового покрытия.

Ввиду дисперсности графита его рекомендуется складировать и хранить в отдельных помещениях [5].

В качестве связующего используется ФФС (фенолоформальдегидная смола). ФФС следует хранить в скрытых проветриваемых помещениях, исключающих попадание прямых солнечных лучей и атмосферных осадков, на расстоянии не менее 1 метра от нагревательных приборов при температуре не более 25 °С, так как является взрывоопасным компонентом [5]. Состав и физические свойства смол весьма разнообразны и зависят от температурных условий коксования.

Шихтовые материалы загружают в бункера. Технологические бункеры применяют с целью задержать непрерывный поток материалов на определенное время, необходимое для протекания технологических процессов.

Истечение материала из бункеров является сложным процессом, имеющим существенное технологическое значение. При истечении материала из полностью заполненного бункера наблюдается четыре последовательных стадии:

1) вначале выходит столб материала, расположенный непосредственно над выпускным отверстием по всей высоте бункера;

2) затем приходят в движение верхние слои материала, расположенные в центральной части бункера, и в середине бункера образуется воронка;

3)частицы материала, соприкасающиеся с наклонными стенками, приходят в движение только тогда, когда они оказываются на поверхности воронки, образовавшейся при истечении материала, и угол воронки становится несколько больше угла естественного откоса;

4) в последнюю очередь вытекает материал, расположенный у стенок в нижней части; частицы материала, непосредственно окружающие выпускное отверстие, до последнего момента остаются в покое [15].

При таком истечении происходит расфракционирование материала, обусловленное разной текучестью частиц в зависимости от их размера, т. е. раздельное по времени истечение то крупных фракций, то мелких. Расфракционирование происходит особенно сильно в тот момент истечения, когда образуются глубокие откосы материала в бункере. Во избежание расфракционирования в бункерах хранят материал узких фракций. Зависание тонких порошков, приводящее к уменьшению выхода материала, а иногда и к полному прекращению его истечения, имеет место при образовании откосов и склонности материала к слеживанию. Если при образовании откосов материал сохраняет хорошую текучесть, то могут происходить периодические обвалы, обрушения, приводящие к аварии.

Для предупреждения обвалов и зависаний не рекомендуется разгружать бункеры полностью [16].

При хранении порошков в бункерах под влиянием аутогезии, давления слоя вышележащего материала, обезвоживания порошка и некоторых физико-химических процессов может возникнуть слеживание. Существенно влияет на слеживаемость размер частиц, а также плотность укладки частиц порошка. Поэтому монофракциоонные порошки менее подвержены к слеживанию, чем полифракционные.

Следствиями слеживаемости может быть сводообразвание, трубообразование и несплошное истечение [18]. Для предупреждения зависания материала в бункерах угол наклонной части бункера делают несколько больше угла естественного откоса, одну из стенок бункера делают отвесной, стенки бункера облицовывают антифрикционными покрытиями. Целесообразно разделение бункера внутренними перегородками на отдельные ячейки. Зависание материала предотвращается вибрацией стенок бункера.

Дозирование материала осуществляется по массе периодически [8].

Точность дозирования при составлении шихты зависит от соотношения дозируемых материалов, что определяют опытным путем в каждом конкретном случае.

В производстве периклазоуглеродистых изделий шихта представлена несколькими компонентами, комбинация которых зависит от назначения изделий, поэтому основное внимание уделяют процессу подготовки массы. Фактически – это ключевая технологическая операция, определяющая качество изделий. Выбор циклограммы смешения зависит от типа смесителя и его характеристики, и каждое предприятие имеет свой режим смешения масс [17]. Исходя из многочисленных экспериментальных данных, последовательность введения компонентов шихты в смеситель складывается из следующих этапов:

– загрузка крупной фракции порошка и с последующим смешением в течение 4–5 мин;

– загрузка средней части порошка, графита и части ФФС (обычно 1/3) и длительного перемешивания в течение до 10 мин;

– загрузка тонкомолотой фракции порошка и ее тщательное распределение в массе в течение 5–6 мин;

– загрузка антиоксиданта и оставшейся части ФФС со смешением в течение 10 мин до начала выгрузки массы из смесителя.

Длительное перемешивание является обязательным для лучшего распределения вводимых добавок и графита[19].

Разная плотность материалов – графита и огнеупорных порошков – вызывает «всплывание» графита и дополнительное измельчение графитовых чешуек. Поэтому наметилась тенденция применять смесительный механизм с вращающимися 1–2 мешалками с неподвижными или вращающимися скребками, расположенными по внутренней стенке смесителя, с катками с различной массой и регулируемой высотой расположения [20].

Перемешивающее устройство планетарных смесителей описывают в объеме смеси сложные циклоидные пересекающие кривые, в результате чего масса многократно перелопачивается и перемешивается с вводимой жидкой связкой и добавками[5].

Оптимальное время смешения подбирают исходя из двух критериев: потери массы при прокаливании и насыпной плотности массы [21].

Масса считается пригодной к прессованию, если потери массы при прокаливании проб, отобранных из разных точек смесителя, имеет отклонения от средних расчетных значений не более 2 %, а насыпная плотность при дальнейшем увеличении продолжительности смешения изменяется на величину, не превышающую 1 %. Общий цикл смешения составляет 30–40 мин [3].

Продолжительность смешения зависит о вязкости ФФС. С повышением содержания воды вязкость ФФС резко уменьшается. Однако снижать вязкость, таким образом, нежелательно, так как влага в дальнейшем может вступать в химическую реакцию при термообработке с оксидами MgO, CaO, тонкозернистой составляющей шихты с образованием гидратов, которые, увеличиваясь в объеме в 2 раза, разрушают структуру сформованного сырца на стадии сушки. На изделиях появляются продольные трещины. При наличии в периклазовом порошке свободного CaO эти реакции протекают уже на стадии смешения и прессования [4,29].

Готовую массу необходимо выдерживать в кюбеле перед прессованием, данная операция позволяет заметно улучшить прессуемость массы и способствует повышению прочности сформованного изделия. Сокращение времени выдержки вызывает появление перепрессовочных трещин и снижение механической прочности изделий.

Формование производят на гидравлических прессах фирмы «Laies» HPF–2500.

Периклазоуглеродистые полусухие массы содержат большое количество тонкой фракции из-за добавления углеродсодержащего компонента и антиоксиданта, так же в процессе перемешивания их доля может возрасти вследствие доизмельчения крупночешуйчатого графита. Поэтому массы прессуют многоступенчатым прессованием, с медленной скоростью нарастания давления на 1 ступени и полным снятием усилия прессования после достижения заданного давления на первой ступени для устранения обратного линейного расширения изделий [5,28].

При прессовании изделий толщиной до 75 мм воздух, выходящий из прессуемой массы, не вносит изменений в структуру сформованного сырца.

При толщине более 100 мм и выше появляется эффект фильтрации, вследствие чего структура получается неоднородной – рыхлой с дефектами внутри и уплотненной в поверхностных слоях. Пористость внутренних и внешних слоев может различаться почти в 2 раза.

Для предотвращения эффекта фильтрации необходима весьма медленная скорость прессования на первой ступени с постепенным уплотнением прессуемой массы [4].

Критерием качества прессования служит плотность сформованного изделия. При введении графита более 15 % прессуемость массы ухудшатся, на изделиях появляются прессовочные трещины.

Термообработку изделий производят в туннельных сушилах (термопечах) при температуре 250 °С при общей продолжительности примерно 56–60 ч [6].

В процессе термообработки фенол постепенно удаляется (испаряется) из массы, а синтетическая смола полимеризуется, обеспечивая высокую механическую прочность сформованным изделиям. Наиболее интенсивное выделение летучих происходит в интервале 100 – 150 °С и к температуре нагрева 270 °С выход летучих составляет около 60 %. Скорость подъема температуры при удалении летучих должна быть не более 4 °С/ч [20,30].

В процессе службы, при нагреве до 600 °С модуль упругости постепенно уменьшается, что обусловлено удалением газообразных продуктов при деструкции связующих компонентов. Повышение модуля упругости при повышении температуры более 600 °С связанно с упрочнением углеродисто-керамической связки. Повышение температуры приводит к постепенному увеличению модуля упругости и его резкому росту при температуре более 1100 °С, что обусловлено упрочнением структуры изделий. При температуре 1300 °С в течение 2 ч толщина 56 мм, а прочность снижается до 812 Н/мм^2 [21].

Периклазоуглеродистые огнеупорные изделия на смолах с добавками антиоксидантов являются относительно новой разработкой и являются заменой широко используемых корундопериклазоуглеродистых огнеупоров. В процессе эксплуатации частично образуется вторичная алюмомагниевая шпинель от добавления металлического алюминия [23].

Шпинель упрочняет структуру огнеупоров, обладает высокой устойчивостью к расплавам металлов и шлаков, имеет более низкий температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) 7,6·10^{-6} 1/К) винтервалетемператур0–1000 ºС по сравнению с периклазом (13,5·10^{-6}1/К) и корундом (8,8·10^{-6}1/К), что придаёт повышенную устойчивость изделий к термическим напряжениям, возникающих при приёмке металла после охлаждения футеровки стали разливочных ковшей для проведения ремонтных работ и межплановых простоев, снижает вероятность зарождения и распространения трещин, а также скалывания фрагментов футеровки [25].

2.5 Виды брака, причины появления брака, способы устранения

При производстве периклазоуглеродистых огнеупоров для футеровки стен сталеразливочных ковшей возможны следующие виды брака: несоответствие открытой пористости, предела прочности при сжатии и размеров нормативным требованиям, не плоскостность, структурные дефекты и механические повреждения изделий [27].

Известно, что на один и тот же вид брака могут влиять несколько факторов.

2.5.1 Брак ломаный

а) ломанный от коробки:

Трещина по кромке изделия между боковой и верхней поверхностями, а также местные трещины на боковых и торцевых плоскостях определяются легким простукиванием меркой или специальным молотком и просмотром плоскостей на «свет» [27].

Причины – плохо собранная формовочная коробка или выработка наформовочных пластин.

Устраняется или заменой формовочной коробки при выработке или подтяжкой болтов крепления боковых пластин.

б) ломанный от выталкивания:

Трещина на кромке кирпича, идущая по диагонали, хорошо заметная при изломе. Определяется легким постукиванием меркой по кромке.

Причины – неправильно установлен пуансон выталкивателя [27].

Устраняется или заменой пуансона или выверкой плоскости – путем наварки электросваркой. Если оборвана накладка на ухе коробки необходимо приварить новую.

2.5.2 Не стандарт.

Не стандарт по размерам:

Размеры сырца изделий, выходящие за пределы допусков по длине, ширине и толщине. По длине и ширине определяется периодической проверкой размеров.

Устраняется:

По ширине – заменой формовочной коробки или переборкой; по длине добавляются или упираются подкладки между торцевыми пластинами и коробкой. По толщине производится постоянный контроль специальными шаблонами (мерками) [27].

Причины: непостоянство толщины зависит от колебания влажности шихты от неправильного дозирования шихты в формы, из-за лопастей; от разных по высоте штампов; из-за несогласованности работы столика и шибера дозатора; из–за не плотности закрывания шибером на днище дозатора (из–за «подсыпки»); из–за непостоянства выдержки на высоком давлении [27].

Устраняются:

– при колебании влажности контролем над постоянством поступающей шихты на пресс со стороны бегунщика;

– при неправильном дозировании в формы заменяются или навариваются лопасти и устанавливаются не достающие;

– разные по высоте штампы заменяются новыми;

– несогласованность работы шибера и столика дозатора устраняется регулировкой столика дозатора дросселем, проверяется работа шибера, который может заедать при закрывании в направляющих шибера или во фланцах горизонтального цилиндра, поставленных с перекосом;

– «подсыпка» устраняется регулировкой шибера тягами (при закрытом шибере масса не должна просыпаться);

– при непостоянной выдержке на высоком давлении регулируется работа клапанов – сливной клапан должен открываться только после того, как закроется клапан высокого давления.

2.5.3 Разнотолщинность

Дефект огнеупорного изделия в виде разной толщины между противолежащими гранями. Несоответствие возможно на всех видах и марках формованных огнеупоров.

Причина – дефект сборки прессоснастки, заключающийся в наличии не параллельности плоскостей штемпеля и пуансона.

Устранение: несоответствие неисправимое. Изделия подвергаются адъюстированию или используются в соответствии с ТИ 200–0–16–2005 по применению отходов производства.

Рекомендации по предупреждению: изготовление прессоснастки, обеспечивающей получение сырца формованных огнеупоров с формой и размерами, соответствующими требованиям ГОСТов.

2.5.4 Несоответствие размеров и форм. Кривизна

Искривление изделий, чаще по продольной оси, хорошо заметное при наложении их на ровную поверхность. Кривизна может быть заметной «на глаз» и достигать 5–7 мм по амплитуде, а может быть и незаметной и определятся только с помощью дополнительных приспособлений (щупов, клина, поверочной линейки, поверочной плиты) [27].

Причины:

– изношенность штемпеля и пуансона прессоформы;

– выработка рабочих поверхностей с образованием их кривизны;

Устранение: несоответствие не исправимое.

Рекомендации по недопущению подобных несоответствий:

– не допускать прессования изделий в прессоснастке с нарушенными плоскостями пуансона и штемпеля;

– не допускать нахождение сырца в среде с повышенной влажностью.

Косой

Дефект в виде отклонения угла между боковыми плоскостями (поверхностями) огнеупорного изделия от прямого угла. Определяется визуально или с помощью мерительного инструмента [27].

Причина:

– дефект сборки прессоснастки, заключающийся в том, что боковые пластины сопрягаются с углом, отличного от прямого, вследствие чего изделие в плане выглядит как параллелограмм;

– распрессовкалицевой накладки;
– неправильная засыпка;
– распрессованы верхние или нижние штампы;
– щетками со стола не сметается масса с лицевой накладки.
Устранение:
– заменяются распрессованные штампы и лицевая накладка;
– неправильная засыпка из-за лопастей дозатора или из-за смещения днища по отношению к формам устраняются заменой или наваркой лопастей и выверкой днища;
– для сметания щетками с лицевой накладки – заменяются новыми щетками, и регулируется зазор между столом и лицевой накладкой путем подбора лицевой накладки, по высоте зазор должен быть в пределах 10–15 мм [27].

Горбатый
Определяется положением одного изделия на другой впадинами и проверяется зазор щупом. Зазор должен быть не более 2 мм. Изделие берется из одной и той же формы.
Причина – распрессованы верхние или нижние штампы.
Устраняется заменой штампов.
Заусенца
Острые выступы на ребрах и гранях изделий. Могут быть сплошными и прерывистыми (зубчатыми) [27]. Высота отдельных заусенец может достигать10–12мм. После термообработки удаление крупных, широких заусенец может быть затруднительным [27].
Причины:
– изношенность верхнего или нижнего штемпелей;
– неправильная сборка прессформы;
– некачественное удаление заусенец при сортировке.
Устранение:
– использование при прессование изделий прессоснастки, соответствующей техническим требованиям;
– удаление заусенец обдиркой или шлифовкой.

2.5.5 Неоднородность структуры изделия.
Неоднородность структуры, заключающаяся в том, что на боковых гранях изделий любых типов и марок прослеживаются чередующиеся участки поверхности с измененной структурой. Изменения выражаются в образовании более рыхлых протяженных зон с выкрошившимися зернами массы[27].
Возможно наличие пустот. Крупных пор, трещин.
Причины:
– расфракционирование массы, шихты;
– неравномерная засыпка массы в прессформу;
– непромес массы;
– присутствие в массе различных органических включений;

– несоответствие прессоснастки.

Устранение: несоответствие неисправимое. Изделия могут быть использованы в соответствии с ТИ 200–0–16–2005 по переработке отходов производства.

Рекомендации по недопущению подобных несоответствий:

– соблюдение технических параметров смешения и засыпки в прессформу.

Неоднородность структуры изделий (расфракционирование)

На различных участках поверхности изделий (с боков, торцов, сверху и снизу), а также внутри изделий хорошо заметна неоднородная, неровная структура. Возможно чередование на поверхности участков со сплошной неоднородной структурой и участков с грубообломочной, рваной, выкрошенной структурой с видимым отсутствием или недостатком тонкомолотой или зернистой составляющих [27].

Причины:

– за счет расфракционирования массы, шихты;

– за счет неправильной засыпки массы в прессформу;

– недостаточное перемешивание массы, шихты;

– несоответствующий гранулометрический состав массы, шихты (отсутствие или малая доля тонкомолотой или зернистой составляющей);

– непропрессовка изделий [27].

Устранение: несоответствие неисправимое. Изделия могут быть использованы в соответствии с ТИ 200–0–16–2005 по переработке отходов производства.

Рекомендации по недопущению подобных несоответствий:

– своевременно выявлять несоответствие по гранулометрическому составу массы, шихты. Исходных материалов, подаваемых на прессование изделий;

– соблюдать технологические и технические исходные параметры перемешивания массы, шихты и прессования изделий;

– использовать при изготовлении изделий исходные материалы, удовлетворяющие требованиям ТУ [27].

Исследования показали, что к изделиям, отличающихся формой, необходим дифференцированный подход по составу шихты, режимам прессования и термообработки изделий. Сопоставительный анализ результатов испытаний свойств изделий позволил разработать составы шихт и многоступенчатые режимы формования для различных типоразмеров изделий. Разработка режима термообработки проводилась с учётом температуры полимеризации применяемого связующего и скорости прогрева изделий, в результате чего максимальная температура термообработки и интервал проталкивания установлены индивидуально для каждой марки и типоразмера [27].

2.6 Характеристика готовой продукции

Изделия огнеупорные периклазоуглеродистые предназначены для футеровки сталеразливочных ковшей под агрегат комплексной обработки стали и должны соответствовать ГОСТ 53933-2010. Усредненные физико-химические показатели готовой продукции указаны в таблице 8.

Номенклатура периклазоуглеродистых изделий приведена в таблице 9.

Таблица 8 – Физико-химические показатели готовой продукции

Наименование показателя	норма
Массовая доля, %:	
MgO, на прокаленное вещество, не менее	96
C, в пределах	9–15
Кажущаяся плотность, г/см^3, не менее	4,0
Предел прочности при сжатии, Н/мм^2, не менее	30
Открытая пористость, %, не более	4

Таблица 9 – Номенклатура периклазоуглеродистых изделий

Наименование	Размеры, мм		
	b	n	L/L1
Прямой	250	150	100
	250	200	100
	300	150	100
Клин торцевой	383	152	75/65
	463	152	80/69
	323	152	75/60
Клин переходный (радиальный) двухсторонний	383	153/152	75
	463	152/127	75

Размеры изделия показаны на рисунке 3.

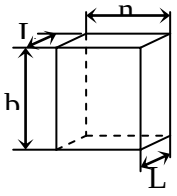


Рисунок 3– Размеры изделий

3 МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Расчет химического состава шихты

Для производства периклазоуглеродистых изделий применяется шихта следующего состава (%, масс.):

- плавленый периклазовый порошок фракции 6–4мм – 10;
- плавленый периклазовый порошок фракции 4–1мм – 40;
- плавленый периклазовый порошок фракции 1–0мм –25,
- плавленый периклазовый порошок фракции 0,063–0 мм – 10,
- графит – 15,
- фенол-формальдегидная смола (ФФС) – 3,
- антиоксиданты 1%.

Химический состав плавленых периклазовых порошков фракции 6–4, 4–1, 1–0 мм и менее 0,063 мм, графита, фенолформальдегидной смолы и антиоксиданта приведены в таблицах: таблица 2 – Физико-химические показатели плавленого периклазового порошка марки ГМПП-95; таблица 3 – Физико-химические показатели антиоксидантов, таблица 4 – Физико-химические показатели графита; таблица 5 – Физико-химические показатели фенолоформальдегидной смолы (ФФС). Состав шихты приведен выше.

С учетом химического состава порошков и состава шихты содержание оксидов составит в:

а) плавленом периклазовом порошке фракции 6–4мм,(%, масс.):

$$MgO = 95 \cdot 0,1 = 9,5;$$
$$Fe_2O_3 = 2,0 \cdot 0,1 = 0,2;$$
$$SiO_2 = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15;$$
$$CaO = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15.$$

б) плавленом периклазовом порошке фракции 4–1мм,(%, масс.):

$$MgO = 95 \cdot 0,4 = 38$$
$$Fe_2O_3 = 2,0 \cdot 0,4 = 0,8;$$
$$SiO_2 = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6;$$
$$CaO = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6.$$

в) плавленом периклазовом порошке фракции 1–0мм,(%, масс.):

$$MgO = 95 \cdot 0,25 = 23,75;$$
$$Fe_2O_3 = 2,0 \cdot 0,25 = 0,5;$$
$$SiO_2 = 1,5 \cdot 0,25 = 0,38;$$
$$CaO = 1,5 \cdot 0,25 = 0,38.$$

г) плавленом периклазовом порошке фракции 0,063–0мм, (%, масс):

$$MgO = 95 \cdot 0,1 = 9,5;$$
$$SiO_2 = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15;$$
$$CaO = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15.$$

д) графите,(%, масс):

$$C = 97 \cdot 0,15 = 10,67.$$

е) ФФС,(%, масс):

$$C = 57,0 \cdot 0,03 = 1,71.$$

ж) антиоксиданте, (%, масс):

$$C = 57{,}0 \cdot 0{,}01 = 0{,}57.$$

Суммарное содержание оксидов в шихте,(%, масс):

$$MgO = 9{,}5+38+23{,}75+9{,}5=80{,}75;$$

$$Fe_2O_3 = 0{,}2+0{,}8+0{,}5=1{,}5;$$

$$SiO_2 = 0{,}15+0{,}6+0{,}38+0{,}15=1{,}28;$$

$$CaO = 0{,}15+0{,}6+0{,}38+0{,}15=1{,}28;$$

$$C=14{,}55+1{,}71+0{,}57=16{,}83.$$

3.2 Расчет материального баланса и вывод расходных коэффициентов сырья

Составим материальный баланс производства периклазоуглеродистых изделий с разными связующими материалами и определим расходные коэффициенты сырья по заданной производительности 43 993 т/год по готовой продукции. Для этого примем:

- Потери при термообработке– 2 % (масс);
- Потери при прессовании – 4 % (масс);
- Потери при хранении и транспортировке – 0,4 % (масс);
- Влажность массы – 3 % (масс).

Зерновой состав шихты (1 вариант):

- пл. периклазовый порошок фракции 6–4 = 10 %(масс);
- пл. периклазовый порошок фракции 4–1 = 40 %(масс)
- пл. периклазовый порошок фракции 1–0 = 25 %(масс);
- пл. периклазовый порошок фракции 0,063–0 =10 %(масс);
- графит= 15 %(масс);
- СФП (сверх 100 %) = 3,5 %(масс);
- Этиленгликоль (сверх 100 %) = 1,5%(масс).

Отсюда видно, что содержание всех компонентов составляет 104 %(масс).

Пересчитаем состав шихты на 100 %(масс) по формуле:

$$a = \frac{x \cdot 100}{\Sigma}, \quad (1)$$

$$a_1 = \frac{10 \cdot 100}{105} = 9{,}52\ \%,$$

$$a_2 = \frac{40 \cdot 100}{105} = 38{,}10\ \%,$$

$$a_3 = \frac{25 \cdot 100}{105} = 23{,}81\ \%,$$

$$a_4 = \frac{10 \cdot 100}{105} = 9{,}52\ \%,$$

$$a_5 = \frac{15 \cdot 100}{105} = 14{,}29\ \%,$$

$$a_6 = \frac{3 \cdot 100}{105} = 3{,}33\ \%,$$

$$a_7 = \frac{1 \cdot 100}{105} = 1{,}43\%,$$

$$\overline{100\ \%(масс).}$$

1. Потребность в готовых изделиях с учетом брака термообработки:

$$Q_1 = Q_{год}\frac{100}{100-q_1}, \quad (2)$$

$$Q_1 = 43993\,\frac{100}{100-2} = 44890{,}82\ т/г.$$

Количество брака термообработки:

$$q_1' = Q_1 - Q_{год}, \quad (3)$$

$$q_1' = 44890{,}82 - 43993 = 897{,}82 \text{ т/г.}$$

Количество брака термообработки, возвращаемое в производство:

$$q_1'' = q_1' \cdot K_1, \quad (4)$$

$$K_1 = 0{,}8 - 0{,}98,$$

$$q_1'' = 897.82 \cdot 0.9 = 808.04 \text{ т/г.}$$

Безвозвратные потери:

$$q_1''' = q_1' - q_1'', \quad (5)$$

$$q_1''' = 897.82 - 808.04 = 89.78 \text{ т/г.}$$

2. Потребность в сырце с учетом начальной влажности:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{100}{100 - q_2}, \quad (6)$$

$$Q_2 = 44890{,}8 \cdot \frac{100}{100-3} = 46279{,}22 \text{ т/г.}$$

Количество испарившейся воды:

$$q_2' = Q_2 - Q_1, \quad (7)$$

$$q_2' = 46279{,}2 - 44890{,}82 = 1388{,}38 \text{ т/г.}$$

3. Потребность в сырце с учетом брака прессования:

$$Q_3 = Q_2 \cdot \frac{100}{100 - q_3}, \quad (8)$$

$$Q_3 = 46279{,}2 \cdot \frac{100}{100-4} = 47223{,}67 \text{ т/г.}$$

Брак прессования:

$$q_3' = Q_3 - Q_2, \quad (9)$$

$$q_3' = 47223{,}67 - 46279{,}2 = 944{,}47 \text{ т/г.}$$

Количество брака прессования, возвращаемое в производство:

$$q_3'' = q_3' \cdot к, \quad (10)$$

$$q_3'' = 944{,}47 \cdot 0{,}9 = 850{,}02 \text{ т/г.}$$

Количество безвозвратных потерь:

$$q_3''' = q_3' - q_3'', \quad (11)$$

$$q_3''' = 944{,}47 - 850{,}02 = 94{,}45 \text{ т/г.}$$

4. Потребность в массе для формования с учетом ее потерь:

$$Q_4 = Q_3 \cdot \frac{100}{100 - q_4}, \quad (12)$$

$$Q_4 = 47223{,}67 \cdot \frac{100}{100-0{,}4} = 47413{,}32 \text{ т/г.}$$

Количество безвозвратных потерь массы:

$$q_4' = Q_4 - Q_3, \quad (13)$$

$$q_4' = 47413{,}32 - 47223{,}67 = 189{,}65 \text{ т/г.}$$

5. Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции 6–4 с учетом потерь при хранении и транспортировке и возврата брака термообработки и прессования:

$$Q_5 = Q_4 \cdot \frac{a_1}{100}, \quad (14)$$

$$Q_5 = 47413.32 \cdot \frac{9,52}{100} = 4531,88 \text{т/г}.$$

$$Q_5' = (Q_5 - q_1'' - q_3'') \cdot \frac{100}{100 - q_5}, \quad (15)$$

$$Q_5' = (4531,88 - 808,04 - 850,02) \cdot \frac{100}{100 - 0,4} = 2885,35 \text{т/г},$$

$$q_5' = Q_5' - (Q_5 - q_1'' - q_3''), \quad (16)$$

$$q_5' = 2885,35 - (4531,88 - 808,04 - 850,02) = 11,54 \text{т/г}.$$

6. Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции 4–1 с учетом его потерь:

$$Q_6 = Q_4 \cdot \frac{a_2}{100 - q_6}, \quad (17)$$

$$Q_6 = 47413,32 \cdot \frac{38,10}{100 - 0,4} = 18137,02 \text{т/г},$$

$$q_6' = Q_6 - Q_4 \frac{a_2}{100}, \quad (18)$$

$$q_6' = 18137,02 - 47413,32 \cdot \frac{38,10}{100} = 75,55 \text{т/г}.$$

7. Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции 1–0 с учетом его потерь:

$$Q_7 = Q_4 \cdot \frac{a_3}{100 - q_6}, \quad (19)$$

$$Q_7 = 47413,32 \cdot \frac{23,81}{100 - 0,4} = 11334,45 \text{т/г},$$

$$Q_7' = Q_7 - Q_4 \frac{a_3}{100}, \quad (20)$$

$$q_7' = 11334,45 - 47413,32 \cdot \frac{23,81}{100} = 45,34 \text{ т/г}.$$

8. Потребность в т/м периклазовом порошке с учетом потерь при хранении и транспортировке:

$$Q_8 = Q_4 \cdot \frac{a_4}{100 - q_7}, \quad (21)$$

$$Q_8 = 47413,32 \cdot \frac{9,52}{100 - 0,4} = 4531,88 \text{ т/г},$$

$$q_8' = Q_8 - Q_4 \frac{a_4}{100}, \quad (22)$$

$$q_8' = 4531,88 - 47413,23 \cdot \frac{9,52}{100} = 18,13 \text{т/г}.$$

9. Потребность в графите с учетом потерь при хранении и транспортировке:

$$Q_9 = Q_4 \cdot \frac{a_5}{100 - q_8}, \quad (23)$$

$$Q_9 = 47413,32 \cdot \frac{14,29}{100 - 0,4} = 6802,57 \text{т/г},$$

$$q_9' = Q_9 - Q_4 \frac{a_5}{100}, \quad (24)$$

$$q_9' = 6802,57 - 47413,32 \frac{14,29}{100} = 27,21 \text{т/г}.$$

10. Потребность в ФФС с учетом потерь при хранении и транспортировке:

$$Q_{10} = Q_4 \cdot \frac{a_6}{100 - q_9}, \quad (25)$$

$$Q_{10} = 47413,32 \cdot \frac{3,33}{100 - 0,4} = 1585,20 \text{т/г},$$

$$q_{10}' = Q_{10} - Q_4 \frac{a_6}{100}, \quad (26)$$

$$q_{10}' = 1585{,}20 - 47413{,}32 \cdot \frac{3{,}33}{100} = 6{,}34 \text{т/г}.$$

11. Потребность в СФП с учетом его потерь:

$$Q_{11} = Q_4 \cdot \frac{a_7}{100 - q_{10}}, \quad (27)$$

$$Q_{11} = 47413{,}32 \cdot \frac{1{,}43}{100 - 0{,}4} = 680{,}73 \text{т/г},$$

$$q_{11}' = Q_{11} - Q_4 \frac{a_7}{100}, \quad (28)$$

$$q_{11}' = 680{,}73 - 47413{,}32 \frac{1{,}43}{100} = 2{,}72 \text{т/г}.$$

Расходные коэффициенты, т.сырья/т.гот продукции:

Плавленый периклазовый порошок фракции 6–4 мм:

$$К_1 = \frac{Q5}{Qгод}, \quad (29)$$

$К_1$ = 4531,88/43993=0,10 т.сырья/т. гот. продукции.

Плавленый периклазовый порошок фракции 4–1 мм:

$$К_2 = \frac{Q6}{Qгод}, \quad (30)$$

$К_2$ = 18137,02/43993=0,41 т.сырья/т. гот. продукции.

Плавленый периклазовый порошок фракции 1–0 мм:

$$К_3 = \frac{Q7}{Qгод}, \quad (31)$$

$К_3$ =11334,45/43993=0,26 т.сырья/т. гот. продукции.

Плавленый периклазовый т/м порошок:

$$К_4 = \frac{Q8}{Qгод}, \quad (32)$$

$К_4$ = 4531,88/43993=0,1 т.сырья/т. гот. продукции.

Графит:

$$К_5 = \frac{Q9}{Qгод}, \quad (33)$$

$К_5$ = 6802,57/43993=0,15 т.сырья/т. гот. продукции.

СФП:

$$К_6 = \frac{Q10}{Qгод}, \quad (34)$$

$К_6$= 1585,20/43993=0,04 т.сырья/т. гот. продукции.

Этиленгликоль:

$$К_7 = \frac{Q11}{Qгод}, \quad (36)$$

$К_7$ = 680,73/43993=0,02 т.сырья/т. гот. продукции,

$К_{общ}$ =1,08 т.сырья/т. гот. продукции.

$$\text{Невязка} = \frac{\sum \text{пр.} - \sum \text{расх.}}{\sum \text{пр.}} \cdot 100, \quad (37)$$

$$\text{Невязка} = \frac{45957{,}21 - 45939{,}09}{45939{,}09} \quad 100 = \quad 0.04\,\%.$$

Материальный баланс производства перикзалоуглеродистых изделий по варианту 1приведен в таблице 10.

Таким образом, для обеспечения заданной годовой производительности необходимо иметь сырье в следующем количестве, т/г: плавленый периклазовый порошок фракции 6–4 мм – 2885,35; плавленый периклазовый порошок фракции 4–1 мм – 18137,02; плавленый периклазовый порошок фракции 1–0 мм – 11334,45; плавленый периклазовый порошок т/м фракции –4531,88; графит – 6802,57; СФП – 1585,20; этиленгликоль– 680,73.

Таблица 10 – Материальный баланс

Приход		Расход	
Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции. 6–4 мм с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_5'=2885,35	Годовая производительность	$Q_{год}$= 43993
Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции. 4–0 мм с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_6= 18137,02	Безвозвратные потери брака термообработки	q_1''' =89,78
Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции. 1–0 мм с учетом его потерь, т/г	Q_7= 11334,45	Количество испарившегося спирта	q_2'=1388,38
Потребность в т/м периклазовом порошке с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_8 = 4531,88	Количество безвозвратных потерь прессования	q_3''' = 94,45
Потребность в графите с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_9 = 6802,57	Количество безвозвратных потерь массы при прессовании	q_4'=189,65
Потребность в СФП с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_{10} =1585,20	Количество безвозвратных потерь плавленого периклазового порошка фракции 6–4мм	q_5'=11,54
Потребность в этиленгликолье с учетом его потерь, т/г	Q_{11} = 680,73	Количество безвозвратных потерь плавленого периклазового порошка фракции 4–1мм	q_6'=73,55
		Количеств безвозвратных потерь т/м плавленого периклазового порошка	q_7'=45,34

		Количеств безвозвратных потерь графита	q_8=18,13
		Количеств безвозвратных потерь этиленгликоля	q_9= 27,21
		Количеств безвозвратных потерь СФП	q_{10}= 6,34
		Количество безвозвратных потерь этиленгликоля	q_{11}= 2,72
Итого:	45957,21	Итого:	45939,09

Зерновой состав шихты (2 вариант):

−пл. периклазовый порошок фракции 6–4 = 10 %(масс);

−пл. периклазовый порошок фракции 4–1 = 40 %(масс)

−пл. периклазовый порошок фракции 1–0 = 25 %(масс);

−пл. периклазовый порошок фракции 0,063–0 =10 %(масс);

− графит= 15 %(масс);

−ФФС(сверх 100 %) = 3 %(масс);

−антиоксиданты (сверх 100 %) = 1%(масс).

Отсюда видно, что содержание всех компонентов составляет 104 %(масс).

Пересчитаем состав шихты на 100 %(масс) по формуле:

$$a = \frac{x \cdot 100}{\Sigma} \quad (1)$$

$$a_1 = \frac{10 \cdot 100}{104} = 9{,}62\ \%,$$

$$a_2 = \frac{40 \cdot 100}{104} = 38{,}46\ \%,$$

$$a_3 = \frac{25 \cdot 100}{104} = 24{,}04\ \%,$$

$$a_4 = \frac{10 \cdot 100}{104} = 9{,}62\ \%,$$

$$a_5 = \frac{15 \cdot 100}{104} = 14{,}42\ \%,$$

$$a_6 = \frac{3 \cdot 100}{104} = 2{,}88\ \%,$$

$$a_7 = \frac{1 \cdot 100}{104} = 0{,}96\%,$$

$$\overline{100\ \%(\text{масс}).}$$

1. Потребность в готовых изделиях с учетом брака термообработки:

$$Q_1 = Q_{год}\frac{100}{100 - q_1}, \quad (2)$$

$$Q_1 = 43993\,\frac{100}{100-2} = 44890{,}82\ \text{т/г}.$$

Количество брака термообработки:

$$q_1' = Q_1 - Q_{год}, \quad (3)$$

$$q_1' = 44890{,}82 - 43993 = 897{,}82 \text{ т/г.}$$

Количество брака термообработки, возвращаемое в производство:

$$q_1'' = q_1' \neg K_1, \quad (4)$$

$$K_1 = 0{,}8 - 0{,}98,$$

$$q_1'' = 897.82 \bullet 0.9 = 808.04 \text{ т/г.}$$

Безвозвратные потери:

$$q_1''' = q_1' \neg q_1'', \quad (5)$$

$$q_1''' = 897.82 - 808.04 = 89.78 \text{ т/г.}$$

12. Потребность в сырце с учетом начальной влажности:

$$Q_2 = Q_1 \bullet \frac{100}{100 \neg q_2}, \quad (6)$$

$$Q_2 = 44890{,}8 \cdot \frac{100}{100-3} = 46279{,}22 \text{ т/г.}$$

Количество испарившейся воды:

$$q_2' = Q_2 - Q_1, \quad (7)$$

$$q_2' = 46279{,}2 - 44890{,}82 = 1388{,}38 \text{ т/г.}$$

13. Потребность в сырце с учетом брака прессования:

$$Q_3 = Q_2 \cdot \frac{100}{100-q_3}, \quad (8)$$

$$Q_3 = 46279{,}2 \cdot \frac{100}{100-4} = 47223{,}67 \text{ т/г.}$$

Брак прессования:

$$q_3' = Q_3 - Q_2, \quad (9)$$

$$q_3' = 47223{,}67 - 46279{,}2 = 944{,}47 \text{ т/г.}$$

Количество брака прессования, возвращаемое в производство:

$$q_3'' = q_3' \cdot к, \quad (10)$$

$$q_3'' = 944{,}47 \cdot 0{,}9 = 850{,}02 \text{ т/г.}$$

Количество безвозвратных потерь:

$$q_3''' = q_3' - q_3'', \quad (11)$$

$$q_3''' = 944{,}47 - 850{,}02 = 94{,}45 \text{ т/г.}$$

14. Потребность в массе для формования с учетом ее потерь:

$$Q_4 = Q_3 \cdot \frac{100}{100-q_4}, \quad (12)$$

$$Q_4 = 47223{,}67 \cdot \frac{100}{100-0{,}4} = 47413{,}32 \text{ т/г.}$$

Количество безвозвратных потерь массы:

$$q_4' = Q_4 - Q_3, \quad (13)$$

$$q_4' = 47413{,}32 - 47223{,}67 = 189{,}65 \text{ т/г.}$$

15. Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции 6–4с учетом потерь при хранении и транспортировке и возврата брака термообработки и прессования:

$$Q_5 = Q_4 \cdot \frac{a_1}{100}, \quad (14)$$

$$Q_5 = 47413.32 \cdot \frac{9,62}{100} = 4579,48 \text{ т/г.}$$

$$Q_5' = (Q_5 - q_1'' - q_3'') \cdot \frac{100}{100 - q_5}, \quad (15)$$

$$Q_5' = (4579,48 - 808,04 - 850,02) \cdot \frac{100}{100 - 0,4} = 2933,15 \text{ т/г,}$$

$$q_5' = Q_5' - (Q_5 - q_1'' - q_3''), \quad (16)$$

$$q_5' = 2933,15 - (4579,48 - 808,04 - 850,02) = 11,73 \text{т/г.}$$

16. Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции 4–1 с учетом его потерь:

$$Q_6 = Q_4 \cdot \frac{a_2}{100 - q_6}, \quad (17)$$

$$Q_6 = 47413,32 \cdot \frac{38,46}{100 - 0,4} = 18308,40 \text{ т/г,}$$

$$q_6' = Q_6 - Q_4 \frac{a_2}{100}, \quad (18)$$

$$q_6' = 18308,40 - 47413,32 \cdot \frac{38,46}{100} = 72,23 \text{т/г.}$$

17. Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции 1–0 с учетом его потерь:

$$Q_7 = Q_4 \cdot \frac{a_3}{100 - q_6}, \quad (19)$$

$$Q_7 = 47413,32 \cdot \frac{24,04}{100 - 0,4} = 11443,94 \text{ т/г,}$$

$$Q_7' = Q_7 - Q_4 \frac{a_3}{100}, \quad (20)$$

$$q_7' = 11443,94 - 47413,32 \cdot \frac{24,04}{100} = 45,78 \text{ т/г.}$$

18. Потребность в т/м периклазовом порошке с учетом потерь при хранении и транспортировке:

$$Q_8 = Q_4 \cdot \frac{a_4}{100 - q_7}, \quad (21)$$

$$Q_8 = 47413,32 \cdot \frac{9,62}{100 - 0,4} = 4579,48 \text{ т/г,}$$

$$q_8' = Q_8 - Q_4 \frac{a_4}{100}, \quad (22)$$

$$q_8' = 4579,48 - 47413,23 \cdot \frac{9,62}{100} = 18,32 \text{ т/г.}$$

19. Потребность в графите с учетом потерь при хранении и транспортировке:

$$Q_9 = Q_4 \cdot \frac{a_5}{100 - q_8}, \quad (23)$$

$$Q_9 = 47413,32 \cdot \frac{14,42}{100 - 0,4} = 6864,46 \text{ т/г,}$$

$$q_9' = Q_9 - Q_4 \frac{a_5}{100}, \quad (24)$$

$$q_9' = 6864,46 - 47413,32 \frac{14,42}{100} = 27,46 \text{ т/г.}$$

20. Потребность в ФФС с учетом потерь при хранении и транспортировке:

$$Q_{10} = Q_4 \cdot \frac{a_6}{100 - q_9}, \quad (25)$$

$$Q_{10} = 47413,32 \cdot \frac{2,88}{100 - 0,4} = 1370,99 \text{ т/г,}$$

$$q_{10}' = Q_{10} - Q_4 \frac{a_6}{100}, \quad (26)$$

$$q_{10}' = 1370,99 - 47413,32 \cdot \frac{2,88}{100} = 5,88 \text{ т/г.}$$

21. Потребность в антиоксиданте с учетомего потерь:

$$Q_{11} = Q_4 \cdot \frac{a_7}{100 - q_{10}}, \quad (27)$$

$$Q_{11} = 47413{,}32 \cdot \frac{0{,}96}{100 - 0{,}4} = 457{,}00 \text{ т/г},$$

$$q_{11}' = Q_{11} - Q_4 \frac{a_7}{100}, \quad (28)$$

$$q_{11}' = 457{,}00 - 47413{,}32 \frac{0{,}96}{100} = 1{,}83 \text{ т/г}.$$

Расходные коэффициенты, т.сырья/т.гот продукции:

Плавленый периклазовый порошок фракции 6–4 мм:

$$К_1 = \frac{Q5}{Qгод}, \quad (29)$$

$К_1$ = 4579,48/43993=0,10 т.сырья/т. гот. продукции.

Плавленый периклазовый порошок фракции 4–1 мм:

$$К_2 = \frac{Q6}{Qгод}, \quad (30)$$

$К_2$ = 18308,40/43993=0,42 т.сырья/т. гот. продукции.

Плавленый периклазовый порошок фракции 1–0 мм:

$$К_3 = \frac{Q7}{Qгод}, \quad (31)$$

$К_3$ =11443,94/43993=0,26 т.сырья/т. гот. продукции.

Плавленый периклазовый т/м порошок:

$$К_4 = \frac{Q8}{Qгод}, \quad (32)$$

$К_4$ = 4579,48/43993=0,1 т.сырья/т. гот. продукции.

Графит:

$$К_5 = \frac{Q9}{Qгод}, \quad (33)$$

$К_5$ = 6864,46/43993=0,16 т.сырья/т. гот. продукции.

ФФС:

$$К_6 = \frac{Q10}{Qгод}, \quad (34)$$

$К_6$= 1370,99/43993=0,03 т.сырья/т. гот. продукции.

Антиоксиданты:

$$К_7 = \frac{Q11}{Qгод}, \quad (36)$$

$К_7$ = 457,00/43993=0,01 т.сырья/т. гот. продукции,

$К_{общ}$ =1,08 т.сырья/т. гот. продукции.

$$\text{Невязка} = \frac{\sum \text{пр.} - \sum \text{расх.}}{\sum \text{пр.}} \cdot 100, \quad (37)$$

$$\text{Невязка} = \frac{45957{,}41 - 45939{,}09}{45939{,}09} \quad 100 = \quad 0.04\,\%.$$

Материальный баланс производства перикзалоуглеродистых изделий приведен в таблице 11.

Таким образом, для обеспечения заданной годовой производительности необходимо иметь сырье в следующем количестве, т/г: плавленый периклазовый порошок фракции 6–4 мм – 2933,15; плавленый периклазовый порошок фракции 4–1 мм – 18308,40; плавленый периклазовый порошок фракции 1–0 мм – 114433,94; плавленый периклазовый порошок т/м фракции – 4579,48; графит – 6864,46; ФФС – 1370,99; антиоксиданты – 457,00.

Таблица 11 – Материальный баланс

Приход		Расход	
Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции .6–4 мм с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_5'= 2933,15	Годовая производительность	$Q_{год}$ = 43993
Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции .4–0 мм с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_6= 18308,40	Безвозвратные потери брака термообработки	q_1'''= 89,78
Потребность в плавленом периклазовом порошке фракции . 1–0 ммс учетом его потерь, т/г	Q_7= 11443,94	Количество испарившегося спирта	q_2'= 1388,38
Потребность в т/м периклазовом порошке с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_8= 4579,48	Количество безвозвратных потерь прессования	q_3'''= 94,45
Потребность в графите с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_9= 6864,46	Количество безвозвратных потерь массы при прессовании	q_4'= 189,65
Потребность в ФФС с учетом потерь при хранении и транспортировке, т/г	Q_{10}= 1370,99	Количество безвозвратных потерь плавленого периклазового порошка фракции 6–4мм	q_5'=11,73
Потребность в антиоксиданте с учетом его потерь, т/г	Q_{11}= 457,00	Количество безвозвратных потерь плавленого периклазового порошка фракции 4–1мм	q_6'=73,23
		Количеств безвозвратных потерь т/м плавленого периклазового порошка	q_7'=45,78
		Количеств безвозвратных потерь графита	q_8'=18,32
		Количеств безвозвратных потерь этиленгликоля	q_9'=27,46
		Количеств безвозвратных потерь ФФС	q_{10}'=0,03
		Количество безвозвратных потерь антиоксиданта	q_{11}'=0,01
Итого:	45957,41	Итого:	45939,09

4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

Для обеспечения заданной годовой производительности 43 993 т/год по готовой продукции необходимо подобрать и рассчитать количество единиц основного и вспомогательного оборудования для бесперебойной работы технологической линии.

Механическое оборудование огнеупорной промышленности можно разделить на 2 группы: основное и вспомогательное оборудование. К основному оборудованию относятся пресс, смеситель и дозаторы. К вспомогательному– бункера, конвейеры, пневмотранспорт, подъемно–транспортное оборудование, а так же вентиляторы для обеспечения комфортных условий труда.

4.1Характеристика основного оборудования.

В настоящее время актуальным направлением в разработке новых и усовершенствовании существующих технологий является создание ресурсо– и энергосберегающих технологий. Поэтому в дипломном проекте предложены современное смесительно-прессовое оборудование для участка технологической линии производства периклазоуглеродистых изделий.

В технологии производства периклазоуглеродистых изделий для ресурсосбережения предложено возвращать брак прессования в производство, (см.рисунок 2).

Для смешения ПУ-масс применять смеситель фирмы «Eirich» модели RV–15.

Смеситель «Eirich» RV – 15 состоит из наклонной чаши. Перемешивание материала происходит со скоростью 1–2м/с и интенсифицируется завихрителем, вращающимся с окружной скоростью 10–40 м/с. Работа смесителя происходит в автоматическом режиме. Чаша футерована внутри быстросъемными бронями из износостойкой стали. Весь смеситель помещается в легко открывающийся кожух.

Завихритель установлен эксцентрично, и лопасти располагаются таким образом, что часть их направляет массу вверх, а часть – вниз.

Основными отличительными признаками скоростных смесителей «Eirich» является их экономичность; достаточно широкий диапазон интенсивности смешения, вследствие соответствующей формы и скорости вращения рабочих органов; высокий удельный объем загружаемого материала; короткий цикл смешения вследствие высокой удельной энергии смешения; небольшой износ и возможность быстрой замены лопасти смесителя и вихревых элементов; внутренне пространство смесителя поддается легкой и быстрой отчистке благодаря большому отверстию для обслуживания в тарелке смесителя; отсутствие пыли при эксплуатации смесителя благодаря пылеотсасывающему устройству [9].

Смеситель поддерживает непрерывный или периодический режим работы. Техническая характеристика смесителя «Eirich»RV–15 приведена в таблице 12.

Таблица 12– Техническая характеристика смесителя «Eirich»RV–15»

Наименование показателя	Величина
Угол наклона смесителя, град	30
Мощность электродвигателя, кВт	40
Производительность, т	750–1200

Габаритные размеры, мм	
высота	1245
ширина	1205
длина	2145
Диаметр чаши, мм	1100
Масса смесителя, кг	2000

Смеситель «Eirich», имеет широкий диапазон интенсивности смешения, вследствие соответствующей формы и скорости вращения рабочих органов, более короткий цикл смешения, вследствие более высокой удельной энергии смешения при относительно одинаковой удельной затрате труда, небольшой износ и возможность быстрой замены лопасти смесителя и вихревых элементов, внутреннее пространство смесителя поддается легкой и быстрой очистке, благодаря большому отверстию для обслуживания в тарелке смесителя, отсутствие пыли при эксплуатации смесителя.

ПУ-изделия прессуются на прессах фирмы«Laeis» модели HPF–2500.Техническая характеристика пресса«Laeis» HPF–2500 приведена в таблице 13 [4].

Таблица 13– Техническая характеристика пресса

Наименование показателя	Величина
Диаметр поршня пресса, мм	1000/970
Номинальное усилие пресса, МН	25
Максимальное усилие выталкивания, МН	3,2
Максимально используемая поверхность штампа, мм	1200×700
Высота засыпки, мм	500
Установочная мощность, кВт	180
Цикл прессования, сек	11

Пресс оборудован: схемами управления с программируемой памятью, цифровым бесконтактным управлением всеми вертикальными и горизонтальными движениями, быстросменными и быстрозажимными приспособлениями для установки и крепления пресс–форм, автоматическим регулятором высоты засыпки, автоматическим контролем толщины прессуемых изделий.

Преимущества системы управления прессом «Laeis» HPF–2500: ввод главных данных работы пресса через клавиатуру в диалоговом режиме; обзорная информация на экране; автоматическое регулирование толщины изделий с помощью микропроцессора; индикация неисправностей в незашифрованном виде алфавитными знаками; определение места неисправности. Выталкивание происходит в результате сдергивания пресс-формы с изделия.

Скорость перемещения пресс-формы в два раза меньше скорости движения верхнего пуансона, что при правильной настройке пресса обеспечивает положение нейтральной плоскости в середине высоты изделия. На засыпной каретке установлены регулируемые захваты пневматического съемника и форсунки для опрыскивания маслом верхнего штампа и пресс-формы. Настройка диапазона скоростей прессования до начала работы выполняется ступенчато. Внутри каждого цикла скорость прессования с увеличением давления уменьшается бесступенчато, благодаря работе аксиально–поршневых насосов переменной производительности. Прессы имеют небольшие заглубления под фундамент. Пресс-форма заполняется массой из каретки, которая располагается на плавающем столе. При уходе каретки питающая воронка закрывается секторным затвором. При заполнении каретки массой из воронки подпор столба массы незначителен (запас на полтора изделия), что приводит к пересыпке массы и ее расфракционированию. Пресс имеет автоматический регулятор высоты засыпки и электронно-цифровое устройство для измерения и указания на табло высоты отпрессованных изделий.

Верхнее расположение цилиндров исключает загрязнение уплотнений осыпью порошка. Имеется устройство для удержания подвижной траверсы в верхнем положении. На прессах имеются приспособление для выполнения клиновой засыпки. Захваты съемника и неподвижная металлическая щетка для очистки верхнего пуансона закреплены на засыпной каретке [9].

Выбранное оборудование является на сегодняшний день одним из самых передовых в производстве огнеупорных изделий благодаря высокой производительности с малым потреблением электроэнергии.

4.2 Расчет производительности и количества основного оборудования

Производительность пресса «Laies» HPF – 2500:

$$Q_ч = \frac{m \cdot n \cdot 3600}{\tau \cdot 1000}, \quad (38)$$

где Qч – часовая производительность пресса;
m–средняя масса прессуемого изделия;
n–число одновременно прессуемых изделий;
τ– цикл прессования;

$$Q_ч = \frac{13,17 \cdot 1 \cdot 3600}{11 \cdot 1000} = 6,31 \text{ т/ч}.$$

$$Q_{год} = Q_ч \cdot n \cdot 24 \cdot 365 \cdot k, \quad (39)$$

где k=0,9.
Годовая производительность пресса:

$$Q_{год}=2,79 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,9=21996,5 \text{т/год}.$$

Число прессов:

$$n= \frac{Q_3}{Q_{год}}, \quad (40)$$

$$n = \frac{47233,67}{21996,5} = 2,01 \approx 2 \text{ пресса}$$

Действительный коэффициент использования смесителя:

$$k_{исп}=\frac{n_1 \cdot k}{n_2}, \quad (41)$$

где n_1– полученное число прессов при коэффициенте использования 0,9;
n_2 – приведенное к целому числу число прессов;

$$к_{исп}=\frac{2,01 \cdot 0,9}{2} = 0,9045.$$

Расчет производительности смесителя «Eirich» RV–15:
Часовая производительность смесителя:

$$Q_ч = \frac{m \cdot 60}{\tau \cdot 1000}, \quad (42)$$

где m– масса замеса, кг;
τ– время перемешивания, мин.

$$Q_ч = \frac{800 \cdot 60}{15 \cdot 1000} = 3,2 \text{ т/ч}.$$

Годовая производительность смесителя:

$$Q_{год} = Q_ч \cdot 24 \cdot 365 \cdot к\,. \quad (43)$$

где $Q_ч$– часовая производительность смесителя, т/ч;
к – коэффициент использования смесителя, к =0,9.

$$Q_{год} = 3,2 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,9 = 25228,8 \text{ т/г}.$$

Число смесителей:

$$n= \frac{Q_3}{Q_{год}}, \quad (44)$$

$$n = \frac{47413,32}{25228,8} = 1,88 \approx 2 \text{ смесителя}.$$

Действительный коэффициент использования смесителя:

$$k_{исп}=\frac{n_1 \cdot k}{n_2}. \quad (45)$$

где n_1 – полученное число смесителей при коэффициенте использования 0,9;

n_2 – приведенное к целому числу число смесителей.

$$k_{исп}=\frac{1,88\cdot 0,9}{2}=0,84.$$

4.3 Характеристика вспомогательного оборудования

Бункера предназначены для хранения материала, который поступает в той или иной технологический агрегат. Для всех компонентов шихты необходимо 5 бункеров заданных размеров.

Загрузка материала в бункера, перемещение кюбелей с массой, а также поддонов с сырцами осуществляется с помощью мостового крана.

Мостовой кран представляет массивную конструкцию, которая с помощью механизма передвижения перемещается по подкрановым путем, установленных на специальных колоннах. На мосту крана по специальным направляющим с помощью ходовых колес перемещается тележка, на которой установлена электрическая лебедка.

Кран мостовой, имеющий металлоконструкцию ферменного или балочного типа, выполненную в виде опорного или подвесного моста, предназначен для подъема и передвижения груза в помещениях или под навесом. Мост перемещается по подкрановым рельсам вдоль пролёта цеха или открытой грузовой площадки.

Техническая характеристика мостового крана представлена в таблице 14.

Таблица14– Техническая характеристика мостового крана

Наименование	Показатели
Грузоподъемность, т	10
Пролет моста, м	29
Полная длина моста, м	4,6...18
Высота подъема груза, м	6; 9; 12; 18; 24; 36
Скорость передвижения моста, м/мин	20

Данная конструкция является аналогом ведущих Европейских производителей, но намного дешевле и ни сколько не уступая по своим качественным характеристикам.

- Преимущество конструкции:
- Высокое качество.
- Возможность уменьшения строительной высоты.
- Возможность применения различной комплектации.
- Возможность эксплуатации в тяжелых режимах.

Зернистые материалы подаются на линию по системе ленточных конвейеров, графит и тонкомолотый порошок – пневмотранспортом.

Ленточные конвейеры имеют прорезиненную текстильную ленту, для перемещения сыпучих материалов в горизонтальной или наклонной плоскости. Лента, являясь несущим и одновременно тяговым средством, приводится в движение приводным барабаном, который устанавливается обычно в головной

части конвейера. Постоянное натяжение ленты обеспечивается натяжным приспособлением. Допустимый угол наклона ленты к горизонту равен 18–25 °С.

Рабочей части ленты роликоопорами придается форма желоба. Разгрузка материала производится: а)через головной барабан; б) сбрасывающей тележкой; в) скребковыми разгрузчиками. Длина ленточного конвейера зависит от производственных условий. Техническая характеристика ленточного конвейера приведена в таблице 15.

Таблица 15– Техническая характеристика ленточного конвейера

Элементы характеристика ленточного конвейера	Параметры
Расстояние между центами барабанов, м	5
Ширина ленты, мм	500
Скорость движения ленты, м/с	0,63–2
Мощность привода, кВт	2,2
Габаритные размеры, мм	5030×950

Пневматическая транспортная система (ПТС) состоит из следующих основных узлов:

- устройство загрузки продукта в трубопроводы,
- системы пневмопроводов и материалопроводов,
- переключатели потоков,
- устройство разгрузки с фильтром для воздуха,
- воздуходувные устройства,
- приемники материала.

Для обеспечения комфортных условий труда и соблюдения правил техники безопасности необходимо в производственном помещении установить приточно-вытяжную вентиляцию. С этой целью используем крышной радиальный вентилятор ВКР 70–39.

Крышной вентилятор ВКР из углеродистой стали предназначен для удаления из помещений промышленных зданий газовоздушных смесей с температурой до 50°С с содержанием пыли и других твердых примесей не более100мг/м^3 [12].Технические характеристики вентилятора ВКР 70–39 указаны в таблице 16.

Таблица 16– Технические характеристики вентилятора ВКР 70–39

Мощность установочная, кВт	1,1
Частота вращения вала, об/мин	930
Производительность, м3/час	5920
Давление, Па	300–0
Суммарный уровень звуковой мощности не более, дб	90
Масса без двигателя не более.кг	87

Количество оборудования для производства периклазоуглеродистых изделий с учетом заданной производительности приведено в сводной таблице 17.

Таблица 17 – Сводная таблица оборудования для производства периклазоуглеродистых изделий

Наименование оборудования	Количество
Пресс «Laies»	2
Смеситель «Eirich»	2
Дозаторы ДПО	6
Дозатор ДЖУ	1
Вентилятор ВКР	1
Мостовой кран	3
Бункер сырья	6
Бак этиленгликоля	1
Ленточный конвейер	4
ПТС	2

Таким образом, для производства периклазоуглеродистых изделий требуется следующее оборудование: 2 пресса «Laies», 2смесителя «Eirich», 6 дозаторов ДПО, 1 дозатор ДЖУ, 6 бункеров, 1 бак, ленточные конвейеры, ПТС, мостовые краны а так же вентилятор ВРК.

Выбранное оборудование позволяет получить хорошее качество и обеспечивает высокую производительность при малом потребление электроэнергии, уменьшить количество брака, что приводит к ресурсо- и энергосбережению.

5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Конструкция и работа термопечи.

Печь термообработки предназначена для термической обработки периклазоуглеродистых огнеупоров на основе плавленых и синтетических материалов.

Печь термообработки условно разделена на 3 зоны:

а) зона подогрева с 1 по 13 позиции;

б) зона термообработки с 14 по 20 позиции;

в) зона охлаждения с 21 по 32 позиции.

Футеровка стен и свода печи выполнена из каолиновых материалов толщиной 100 мм, заключенных в металлические внутренние и внешние стены печи.

Канал печи по всей длине отделяется от нижней части печи, по которой проталкиваются пустые вагонетки, песочным затвором и перегородкой, отделяющий канал печи от под подового пространства. Песочный затвор с обеих сторон печи по всей его длине постоянно должен быть засыпан периклазовым порошком фракции 3–1мм. Входные и выходные каналы печи закрываются уплотнительными подъемными дверями.

Из зоны охлаждения предусмотрен регулируемый отбор газов для предотвращения выбивания из их печи и интенсификации охлаждения изделий.

Проталкивание вагонеток с изделиями на поддонах и пустых вагонеток осуществляется винтовым толкателем. Перемещение вагонеток с верхнего рельсового пути на нижний и обратно, производится при помощи строповки кран балками.

Теплоноситель приготавливается в теплогенераторе путем сжигания природного газа горелкой типа ГНП – 5А. подача теплоносителя в печь осуществляется через 4 пары отверстий на стыках 13–14; 14–15; 15–16; 16–17; 17–18; 18–19; 19–20; 20–21 позиций. Газ подается из газорегуляторного пункта (ГРП) отделения, отключение отвода газопровода к теплогенератору печи термообратки производиться закрытием задвижки в помещение ГРП.

Перед горелкой установлены 2 крана: рабочий и контрольный. Контроль всех параметров работы термопечи осуществляется при помощи компьютерной системы «Маис». Дополнительный контроль давления газа и воздуха перед горелкой и разряжения перед дымососом производится U–образными манометрами.

Техническая характеристика термопечи приведена в таблице 18.

Таблица 18 – Технические характеристики термопечи.

Наименование показателей	Норма	Данная печь
Производительность по термообработанной продукции (при годовом фонде рабочего времени 8760 часов), т/год	17 680	15000
Производительность по термообработ. продукции, т/ч	2,0	1,76
Средняя масса садки, т/вагон	2,1	1,87
Интервал толкания, ч	1,06	1,06
Продолжительность термообработки (с охлаждением), ч	34	34
Температура термообработки, °С	160–250	160–250
Температура изделий на выходе из печи,°С	190	190
Температура дымовых газов, отбираемых из печи, °С	35	35
Затраты электроэнергии, кВт ·ч /1т	14	14
Основные размеры поддона, мм		
– длина	1 400	1 400
– ширина	1 320	1 320
– высота	170	170
Основные размеры вагонетки, мм		
– длина	1 600	1 600
– ширина	1 350	1 350
– высота	385	385
Количество вагонеток в рабочем канале печи, шт	32	32
Основные размеры рабочего канала, мм		
– длина	51 130	51 130
– ширина на уровне садки	1 350	1 350
– ширина на уровне вагонетки	1 430	1 430
– высота (от поверхности поддона до свода)	1 000	1 000
Высота садки по сырцу, мм	912	912

5.2 Расчет горения природного газа

Выбираем природный газ северного месторождения (Тюменская область). Состав сухого газа приведен в таблице 19.

Таблица 19– Состав сухого газа

$CH_4^{сух}$	$C_2H_6^{сух}$	$C_3H_8^{сух}$	$CO_2^{сух}$	$N_2^{сух}$	Сумма
98,93	0,27	0,01	0,02	0,77	98,0

Газ сжигается с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 1{,}15$. Воздух, идущий для горения, поступает из окружающей среды не подогретым.

Принимаем содержание влаги в газе 2,0 %. Пересчитываем состав сухого газа на влажный рабочий газ, %:

$$CH_4^{вл} = CH_4^{с} \cdot 100 – H_2O/100 , \quad (46)$$

где $CH_4^{с}$– содержание метана в газе, %;

H_2O – содержание влаги в газе, %.

$$CH_4^{вл} = 98{,}93 \cdot 100 – 2 / 100 = 96{,}93\ \%.$$

Другие составляющие газа остаются без изменений. Состав влажного рабочего газа приведен в таблице 20.

Таблица 20– Состав влажного рабочего газа, %

$CH_4^{вл}$	$C_2H_6^{вл}$	$C_3H_8^{вл}$	$CO_2^{вл}$	$N_2^{вл}$	W	Сумма
96,93	0,27	0,01	0,02	0,77	2	98,0

Определяем теплоту сгорания газа по формуле, кДж/нм^3:

$$Q_н = 358{,}2CH_4 + 637{,}5C_2H_6 + 912{,}5C_3H_8, \quad (47)$$

где CH_4,C_2H_6, C_3H_8– содержание метана, этана, пропана в газе, %.

$$Q_н = 358{,}2 \cdot 96{,}93 + 637{,}5 \cdot 0{,}27 + 912{,}5 \cdot 0{,}01 = 34\ 901\ кДж/нм^3.$$

Находим теоретически необходимое количество сухого воздуха, нм^3/нм^3:

$$L_0 = 0{,}0476\ (2CH_4 + 3{,}5C_2H_6 + 5C_3H_8), \quad (48)$$

$$L_0 = 0{,}0476\ (2 \cdot 96{,}93 + 3{,}5 \cdot 0{,}27 + 5 \cdot 0{,}01) = 9{,}28 нм^3/нм^3.$$

Принимаем влагосодержание атмосферного воздуха d = 10г/кг сухого воздуха.

Находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности по формуле, нм^3/нм^3:

$$L_0' = 1{,}016\ L_0 , \quad (49)$$

$$L_0' = 1{,}016 \cdot 9{,}28 = 9{,}43\ нм^3/нм^3.$$

Действительное количество сухого воздуха находим по формуле, нм^3/нм^3:

$$L_\alpha = L_0 \cdot \alpha, \quad (50)$$

Где α– коэффициент расхода воздуха, показывающий отношение действительного количества воздуха, введенного для горения, к теоретическому.

$$L_\alpha = 1{,}15 \cdot 9{,}28 = 10{,}67 нм^3/нм^3.$$

Действительный расход атмосферного воздуха при его влагосодержании d = 10 г/кг сухого воздуха составляет:

$$L_\alpha' = 1{,}016\ L_\alpha , нм^3/нм^3 \quad (51)$$

$$L_\alpha' = 1{,}016 \cdot 10{,}67 = 10{,}84\ нм^3/нм^3.$$

Определяем количество и состав продуктов горения по следующим формулам,$нм^3/нм^3$:

$$V_{CO2}= 0,01\ (CO_2+ CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8), \quad (52)$$

$$V_{CO2} = 0,01\ (0,02 + 96,93 + 2 \cdot 0,27+ 3 \cdot 0,01) = 0,975\ нм^3/нм^3,$$

$$V_{H2O} = 0,01\ (2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + H_2O + 0,16d \cdot L_\alpha), \quad (53)$$

$$V_{H2O} = 0,01\ (2 \cdot 96,93 + 3 \cdot 0,27 + 4 \cdot 0,01 + 2 + 0,16 \cdot 10 \cdot 10,67) = 2,138\ нм^3/нм^3,$$

$$V_{O2}= 0,21(\alpha–1) \cdot L_0\ , \quad (54)$$

$$V_{O2}= 0,21(1,15 – 1) \cdot 9,28 = 0,292\ нм^3/нм^3$$

$$V_{N2} = 0,79L_\alpha + 0,01N_2\ , \quad (55)$$

$$V_{N2} = 0,79 \cdot 10,67 + 0,01 \cdot 0,77 = 8,437\ нм^3/нм^3.$$

Общее количество продуктов горения составляет, $нм^3/нм^3$:

$$V_\alpha = V_{CO2} + V_{H2O} + V_{O2} + V_{N2}, \quad (56)$$

$$V_\alpha = 0,975 + 2,138 + 0,292 + 8,437 = 11,842\ нм^3/нм^3.$$

Определим процентный состав продуктов горения:

$$CO_2 = 0,975 \cdot 100 / 11,842 = 8,23\ \%,$$

$$O_2 = 0,292 \cdot 100 / 11,842 = 2,47\ \%,$$

$$H_2O = 2,138 \cdot 100 / 11,842 = 18,05\ \%,$$

$$N_2 = 8,437 \cdot 100 / 11,842 = 71,25\ \%.$$

Всего: 100 %

Переводим в кг производим путем умножения на плотность ρ.

Плотность ($кг/нм^3$): метана = 0,717, этана = 1,356, пропана = 2,02, кислорода = 1,429, азота = 1,251,мдвуокиси углерода = 1,977, водяного пара = 0,804 к. Составляем материальный баланс процесса горения на $100нм^3$ при α=1,15, и сводим в таблицу 21.

Таблица 21– Материальный баланс процесса горения

Приход	кг	Расход	кг
Природный газ		Продукты горения	
$CH_4 = 96,93 \cdot 0,717$	69,50	$CO_2=0,975 \cdot 100 \cdot 1,977$	192,76
$C_2H_6 = 0,27 \cdot 1,356$	0,37	$H_2O=2,138 \cdot 100 \cdot 0,804$	171,90
$C_3H_8 = 0,01 \cdot 2,02$	0,02	$N_2= 8,437 \cdot 100 \cdot 1,251$	1 055,47
$CO_2 = 0,02 \cdot 1,977$	0,04	$O_2= 0,292 \cdot 100 \cdot 1,429$	41,73
$N_2 = 0,77 \cdot 1,251$	0,96	Невязка	–0,92
$H_2O = 2,0 \cdot 0,804$	1,608		
Воздух			
$O_2 = 21 \cdot 10,67 \cdot 1,429$	320,2		
$N_2=21 \cdot 10,67 \cdot 3,762 \cdot 1,251$	1 054,51		
$H_2O= 0,16 \cdot 10 \cdot 10,67 \cdot 0,804$	13,73		
Итого:	1 460,94	Итого:	1 460,94

Невязка баланса составляет:

$$H = Q_{прих} – Q_{расх} / Q_{прих} \cdot 100\ \%, \quad (57)$$

$$H = 1\ 460{,}94 – 1\ 461{,}86 / 1\ 460{,}94 \cdot 100\ \% = 0{,}063\ \%.$$

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим общее теплосодержание продуктов горения (без подогрева воздуха и топлива), кДж/нм^3:

$$i_{общ} = Q_н / V_\alpha, \quad (58)$$

где $Q_н$ – теплота сгорания газа, кДж/нм^3;

V_α - общее количество продуктов горения, нм^3/нм^3.

$$i_{общ} = 34\ 901 / 11{,}842 = 2\ 947 кДж/нм^3.$$

По i–t диаграмме при $\alpha = 1{,}15$ находим теоретическую температуру горения $t_{теор} = 1800°C$. Определяем действительную температуру горения при коэффициенте $\eta_г = 0{,}8$; расчетное теплосодержание равно, кДж/нм^3:

$$i'_{общ} = i_{общ} \cdot \eta_г, \quad (59)$$

где$\eta_г$– пирометрический коэффициент процесса горения, учитывающий потери тепла при горении топлива в процессе теплообмена от газов и факела на окружающие их поверхности.

$$i'_{общ} = 2\ 947 \cdot 0{,}8 = 2\ 357\ кДж/нм^3.$$

По i–t диаграмме находим действительную температуру горения природного газа $t_г = 1\ 470°C$.

5.3Конструктивный расчет

Годовая производительность печи, $P_ч$, кг/час

$$P_ч = \frac{P_{год} \cdot 1000}{365 \cdot 24 \cdot К_{исп}}, \quad (60)$$

где: $P_{год}$ – годовая производительность печи, т/год;

$$P_{год} = 15000\ т/год;$$

365 – количество дней в году;

24 –число часов в сутках;

$К_{исп}$ – коэффициент использования печи во времени;

$$К_{исп} = 0{,}97.$$

$$P_ч = \frac{15000}{365 \cdot 24 \cdot 0{,}97} = 1.76\ т/час.$$

Суточная производительность печи, $P_{сут}$, т/сут.

$$P_{сут} = P_ч \cdot 24, \quad (61)$$

$$P_{сут} = 1{,}76 \cdot 24 = 42{,}24 т/сут.$$

Выбор стандартных размеров печи:

Длина печи $L_п = 51.2м$;

Ширина печи $B_п = 1{,}35м$;

Высота печи $H_п = 1{,}0м$.

Размеры вагонетки:

Длина вагонетки $l_в = 1.6м$;

Ширина вагонетки $b_в = 1.35м$;

Ёмкость вагонетки, $G_в$,т/ваг = 2.1 т/ваг.
Определение числа вагонов находящихся в печи, N, вагонов:

$$N = \frac{L_п}{l_в}, \quad (62)$$

$$N = \frac{51.2}{1.6} = 32 \text{ вагонов}$$

Определение длин зон печи:
Длина зоны подогрева, $L_{под}$ = 20.8 м;
Длина зоны обжига,$L_{тер}$ = 11.2 м;
Длина зоны охлаждения, $L_{охл}$ = 19.2 м.
Определение числа вагонеток находящихся в каждой зоне ,N, ваг:
$N_{под}$ – число вагонеток в зоне подогрева;
$N_{тер}$ –число вагонеток в зоне обжига;
$N_{охл}$–число вагонеток в зоне охлаждения.

$$N_{под} = \frac{L_{под}}{l_в}, \quad (63)$$

$$N_{под} = \frac{20.8}{1.6} = 13 \text{ ваг.}$$

$$N_{тер} = \frac{L_{тер}}{l_в}, \quad (64)$$

$$N_{тер} = \frac{11.2}{1.6} = 7 \text{ ваг.}$$

$$N_{охл} = \frac{L_{охл}}{l_в}, \quad (65)$$

$$N_{охл} = \frac{19.2}{1.6} = 12 \text{ ваг.}$$

Определение объёма печного канала, $V_п$, $м^3$:

$$V_п = Lп \cdot Вп \cdot Нп, \quad (66)$$

$$V_п = 51.2 \cdot 1.35 \cdot 1 = 69{,}12 \text{ м}^3.$$

Определение ёмкости печи ,$G_п$,т:

$$G_п = N \cdot G_{ваг}, \quad (67)$$

$$G_п = 32 \cdot 2.1 = 67.2 \text{ т.}$$

Определение времени обжига изделий, τ , ч:
τ =34 ч
Время нахождения материала в каждой зоне печи, час:

$$\tau_{под} = \frac{L_{под} \quad \tau}{L_п}, \quad (68)$$

$$\tau_{под} = \frac{20.8 \cdot 34}{51.2} = 13{,}8 \text{ час.}$$

$$\tau_{тер} = \frac{L_{тер} \quad \tau}{L_п}, \quad (69)$$

$$\tau_{тер} = \frac{11.2 \cdot 34}{51.2} = 7{,}4 \text{ час.}$$

$$\tau_{охл} = \frac{L_{охл} \quad \tau}{L_{п}}, \tag{70}$$

$$\tau_{охл} = \frac{19.2 \cdot 34}{51.2} = 12.8 \text{час.}$$

Скорость движения вагонетки, υ, ваг/час:

$$\upsilon = \frac{P_{час}}{G_{ваг}}, \tag{71}$$

$$\upsilon = \frac{1{,}76}{2.1} = 0{,}84 \text{ ваг/час.}$$

Частота прогонки ,n, час/ваг:

$$n = \frac{1}{\upsilon}, \tag{72}$$

$$n = \frac{1}{0{,}84} = 1{,}19 \text{ час/ваг.}$$

Количество прогонок в сутки, $N_{сут}$, ваг/сут:

$$N_{сут} = \frac{24}{n}, \tag{73}$$

$$N_{сут} = \frac{24}{1.19} = 20{,}17 \text{ ваг/сут.}$$

Удельная производительность печи, $P_{уд}$, т/м^2·сут:

$$P_{уд} = \frac{P_{сут}}{F_{под}}, \tag{74}$$

$$F_{под} = b_{ваг} \quad L_{n}, \tag{75}$$

$$F_{под} = 1.35 \cdot 51.2 = 69.12 \text{м}^2,$$

$$P_{уд} = \frac{42{,}24}{69{,}12} = 0{,}61 \text{ т/м}^2 \cdot \text{сут.}$$

5.4 Тепловой баланс термопечи

По закону сохранения энергии сумма всех статей прихода тепла в печь должна обязательно равняться сумме всех статей расхода, это выражается уравнением теплового баланса:

$$\sum Q_{прих} = \sum Q_{расх}. \tag{76}$$

С помощью теплового баланса можно найти неизвестную величину, например, расход топлива, температуру подогрева воздуха, температуру на границах зон печи, количество воздуха для подачи в зону охлаждения и другие. Кроме того, тепловой баланс показывает тепловую нагрузку и соотношение между отдельными статьями расхода тепла в печи, коэффициент полезного действия и коэффициент использования топлива для данной печи. Тепловые балансы позволяют выявить пути улучшения тепловой работы печей как вновь проектируемых, так и действующих.

Сложность расчета печей состоит в трудности учета влияния различных факторов на тепловую работу печи, связанных с процессами сжигания топлива,

движения газов, теплообмена и технологическими особенностями производства. Поэтому при расчетах топливосжигающие устройства, дутьевые средства, дымососные и другие установки принимаются всегда с некоторым, часто большим запасом мощности.

Расчеты печей позволяют определить их тепловую мощность, выбрать тяго–дутьевые средства, обеспечивающие заданную производительность печи, а также решить ряд вопросов, определяющих конструкцию печи и ее отдельных элементов и основные размеры.

ПРИХОД ТЕПЛА

Тепло от горения топлива:

$$Q_{гор} = Q_н \cdot B, \text{ кДж/ч}, \quad (77)$$

где $Q_н$– тепло сгорания топлива, кДж/нм^3;

B – расход топлива, нм^3/ч.

$Q_{гор} = 41474 \cdot B = 41474\ B$ кДж/нм^3.

Тепло, вносимое воздухом:

$$Q_{возд} = L_\alpha \cdot i_{возд} \cdot B, \text{ кДж/ч}, \quad (78)$$

где L_α– действительное количество воздуха, нм^3/нм^3;

$i_{возд}$– теплосодержание воздуха, кДж/нм^3;

$$i_{возд} = C_{возд} \cdot t_{возд}, \text{ кДж/нм}^3, \quad (79)$$

где $C_{возд}$– теплоемкость воздуха при 20°С; $C_{возд} = 1{,}297$ кДж/м^3· град;

$t_{возд}$– температура воздуха, град.

$$I_{возд} = 1{,}297 \cdot 20 = 25{,}94 \text{ кДж/нм}^3.$$

$$Q_{возд} = 10{,}67 \cdot 25{,}94 \cdot B = 277B \text{ кДж/ч}.$$

$$\Sigma Q_{прих} = Q_{гор} + Q_{возд} = 34901B + 277B = 35178B \text{ кДж/ч}.$$

РАСХОД ТЕПЛА

5.4.1 Часовая производительность термопечи, кг/час:

$$Q_{час} = Q_{год} \cdot 1\,000 \cdot 100 / 350 \cdot 24 \cdot (100 - т), \quad (80)$$

где $Q_{год} = 15000$ т/год;

350 – количество рабочих дней в году;

24 – количество часов в сутках;

т – процент брака при термообработке, %;

т = 6 %.

$$Q_{час} = 15000 \cdot 1000 \cdot 100 / 350 \cdot 24 \cdot (100 - 6) = 1\,900 \text{ кг/час}.$$

5.4.2Тепло на нагрев изделий

$$Q_{изд} = Q_{час} \cdot C_{изд}(t_к - t_н), \text{ кДж/ч}, \quad (81)$$

где$Q_{час}$– производительность печи в час, $Q_{час} = 1\,900$ кг/ч (при 24 прогонках в сутки);

$C_{изд}$– теплоемкость изделий, кДж/кг· град;

$t_н$– начальная температура изделий, град;

$t_к$– конечная температура изделий, град;

$$t_к = (200 + 170) / 2 = 185°C.$$

$$Q_{изд} = 1\,900 \cdot 0{,}83\ (185 - 20) = 260\,205 \text{кДж/ч}.$$

5.4.3Тепло на нагрев поддона

$$Q_{под} = m_{под} \cdot C_{под} (t_к – t_н), \text{ кДж/ч,} \quad (82)$$

где $m_{под}$– масса поддона, кг;

$C_{под}$– теплоемкость поддона, кДж/кг· град;

$t_к$– конечная температура поддона, град;

$$t_к = (125 + 128) / 2 = 126,5°C.$$

$$Q_{под} = 300 \cdot 0,481 (126,5 – 20) = 15\,368 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.4 Тепло на нагрев вагонетки

$$Q_{ваг} = m_{ваг} \cdot C_{ваг} (t_к – t_н), \text{ кДж/ч,} \quad (83)$$

где $m_{ваг}$– масса вагонетки, кг;

$C_{ваг}$– теплоемкость вагонетки, кДж/кг· град;

$$t_к = (110 + 92) / 2 = 101°C.$$

$$Q_{ваг} = 380 \cdot 0,481 (101 – 20) = 14\,805 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.5 Тепло через под печи

$$Q_{пода} = Q_1 + Q_2, \text{ кДж/ч,} \quad (84)$$

где Q_1– количество тепла черезпод печи в зоне термообработки, кДж/ч;

$$Q_1 = S_п \cdot n \cdot \alpha_1 \cdot \Delta t_1, \text{ кДж/ч,} \quad (85)$$

где$S_п$ площадь одной позиции, $м^2$;$S_п = 1,6 \cdot 1,35 = 2,16$ $м^2$;

n–число позиций, шт;

α_1 = коэффициент теплоотдачи, кДж/$м^2$· град;

$$\alpha_1 = 36,01 \text{ кДж/м}^2\text{· град;}$$

Δt_1– разность температур, град;

$$\Delta t_1 = t_1 – t_{окр}, \quad (86)$$

где t_1– температура пода в зоне термообработки, град;

$t_{окр}$– температура окружающего воздуха, град.

$$\Delta t_1 = 45 – 27 = 18°C.$$

$$Q_1 = 2,16 \cdot 7 \cdot 36,01 \cdot 18 = 9\,800 \text{ кДж/ч;}$$

Q_2– количество тепла через под печи в зоне охлаждения, кДж/ч.

$$Q_2 = S_п \cdot n \cdot \alpha_2 \cdot \Delta t_2, \text{ кДж/ч} \quad (87)$$

где α_2– коэффициент теплоотдачи, кДж/$м^2$· град; $\alpha_2 = 41,42$ кДж/$м^2$· град;

$$\Delta t_2 = t_2 – t_{окр}, \text{ град} \quad (88)$$

где t_2– температура пода в зоне охлаждения, °C.

$$\Delta t_2 = 65 – 27 = 38°C.$$

$$Q_2 = 2,16 \cdot 12 \cdot 41,45 \cdot 38 = 40\,826 \text{ кДж/ч.}$$

$$Q_{пода} = 9\,800 + 40\,826 = 50\,626 \text{кДж/ч.}$$

5.4.6 Тепло с уходящими дымовыми газами

$$Q_{дым} = V_{дым} \cdot i_{дым} \cdot B, \text{ кДж/ч,} \quad (89)$$

где$V_{дым}$– объем дымовых газов, уходящих из рабочего пространства печи, $нм^3$/ч;

$$V_{дым} = 11,842 \text{ нм}^3/\text{нм}^3;$$

$i_{дым}$– энтальпия продуктов горения при температуре уходящих газов, кДж/$нм^3$;

$$i_{дым} = C_{дым} \cdot t_{дым}, \text{ кДж/нм}^3 \quad ,(90)$$

где $C_{дым}$ = 1,256 кДж/м^3· град– теплоемкость дымовых газов;

$t_{дым}$ = 50°С – температура уходящих газов.

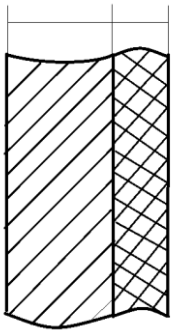
$$i_{дым} = 1,256 \cdot 50 = 62,802 \text{ кДж/нм}^3;$$

$$Q_{дым} = 11,842 \cdot 62,802 \cdot B = 744B \text{ кДж/ч.}$$

5.4.7Теплопотери стен и свода зоны подогрева

Схематическое изображение футеровки стен зоны подогрева изображено на рисунке 5.

Рисунок 5 – Схема футеровки стен зоны подогрева



Теплопотери со стен зоны подогрева рассчитаны и сведены в таблицу 22.

Таблица 22– Теплопотери со стен

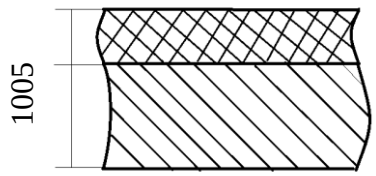
Местоположение	Температура, °С	Площадь, м^2	Коэффициенттеплоотдачи, $\alpha_{отд}$ кДж/м^2· град	Теплопотери, кДж/ч
Верх	30,1	10	35,965	5 070
Середина	24,2	10	33,076	2 713
Низ	18,5	13,8	27,214	938
Сумма:				8 721

Теплопотери с двух стен составят:

$$Q_{ст} = 8721 \cdot 2 = 17\,442 \text{ кДж/ч.}$$

Схематическое изображение футеровки свода зоны подогрева изображено на рисунке 6.

Рисунок 6 – Схема футеровки свода зоны подогрева



Теплопотери со свода зоны подогрева

$$Q_{св} = S_{св} \cdot \alpha_{св} (t - t_{окр}), \text{ кДж/ч,} \quad (91)$$

где $S_{св}$– площадь свода, м^2;

$\alpha_{св}$– коэффициент теплоотдачи свода, кДж/м^2· град;

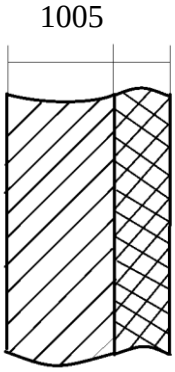
t–температура свода, град.

$$Q_{св} = 30,4 \cdot 45,217\ (46 - 29) = 23\ 368 \text{ кДж/ч.}$$
$$Q_{общ} = 17\ 442 + 23\ 368 = 40\ 810 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.8 Теплопотери стен и свода зоны термообработки.

Схематическое изображение футеровки стен зоны термообработки изображено на рисунке 7.

Рисунок 7 – Схема футеровки стен зоны термообработки



Теплопотери со стен зоны термообработки рассчитаны в таблице23.

Таблица 23 – Теплопотери со стен зоны термообработки

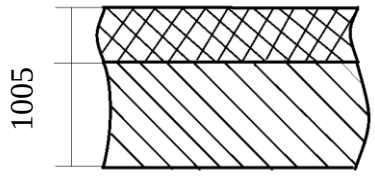
Местоположение	Температура,°С	Площадь, $м^2$	Коэффициент тепло–отдачи, $\alpha_{отд}$ кДж/$м^2$· град	Теплопотери, кДж/ч
Верх	86,8	5,39	55,684	17 948
Середина	64,2	5,39	50,660	10 166
Низ	48,3	7,42	47,311	7 473,5
Сумма:				35 587,5

Теплопотери с двух стен составят:

$$Q_{ст} = 35\ 587,5 \cdot 2 = 71\ 175 \text{ кДж/ч.}$$

Схематическое изображение футеровки свода зоны термообработки изображено на рисунке 8.

Рисунок 8 – Схема футеровки свода зоны термообработки



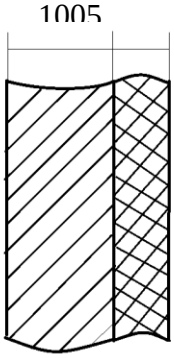
Теплопотери со свода находим по формуле – (91)

$$Q_{св} = 16,4 \cdot 51,916\ (59 - 26) = 28\ 097 \text{ кДж/ч.}$$
$$Q_{общ} = 71\ 175 + 28\ 097 = 99\ 972 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.9 Теплопотери стен и свода зоны охлаждения

Схематическое изображение футеровки стен зоны охлаждения изображено на рисунке 9.

Рисунок 9 – Схема футеровки стен зоны охлаждения



Теплопотери со стен зоны охлаждения рассчитаны и сведены в таблицу 24.

Таблица 24– Теплопотери со стен зоны охлаждения

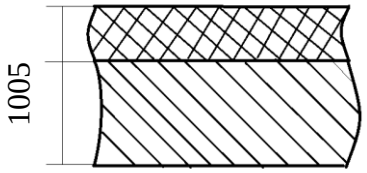
Местоположение	Температура,°С	Площадь,$м^2$	Коэффициент теплоотдачи, $\alpha_{отд}$ кДж/$м^2$· град	Теплопотери, кДж/ч
Верх	72	9,2	46,892	18 548
Середина	63	9,2	44,380	13 720
Низ	51	12,7	40,612	11 346
Сумма:				43 614

Теплопотери с двух стен составят:

$$Q_{ст} = 43\ 614 \cdot 2 = 87\ 228 \text{ кДж/ч.}$$

Схематическое изображение футеровки свода зоны охлаждения изображено на рисунке 10.

Рисунок 10 – Схема футеровки свода зоны охлаждения



Теплопотери со свода находим по формуле – (91).

$$Q_{св} = 28 \cdot 46{,}892\ (52 – 29) = 30\ 199 \text{ кДж/ч.}$$

$$Q_{общ} = 87\ 228 + 30\ 199 = 117\ 427 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.10 Теплопотери с поверхности теплогенератора.

– с торца теплогенератора (91):

$$Q_1 = 1{,}19 \cdot 95{,}878\ (244 – 29) = 24\ 530 \text{ кДж/ч.}$$

– с цилиндрической части теплогенератора при диаметре d = 1230 мм :

$$Q_2 = 7{,}52 \cdot 50{,}242\ (84 – 29) = 20\ 780 \text{ кДж/ч.}$$

– с цилиндрической части теплогенератора при диаметре d = 1090 мм:

$$Q_3 = 3{,}59 \cdot 72{,}013\ (150 – 29) = 31\ 282 \text{ кДж/ч.}$$

– теплопотери с колец при диаметре d =1230 мм (46):

$$Q_4 = 0{,}25 \cdot 50{,}242\ (84 – 29) = 691 \text{ кДж/ч.}$$

– теплопотери с колец при диаметре d = 1090 мм:

$$Q_5 = 0{,}25 \cdot 72{,}013\ (150 – 29) = 2\ 178\ кДж/ч.$$

– теплопотери через корпус общей заслонки теплоносителя после теплогенератора:

$$Q_6 = 0{,}5 \cdot 133{,}559\ (394 – 29) = 24\ 375\ кДж/ч.$$

– теплопотери с поверхности взрывного клапана (46):

$$Q_7 = 3{,}24 \cdot 80{,}387\ (179 – 29) = 39\ 068\ кДж/ч,$$

$$Q_{общ} = 142\ 904\ кДж/ч.$$

5.4.11 Теплопотери через общий газоход теплоносителя.

– газоход:

$$Q_1 = 33 \cdot 64{,}477\ (120 – 29) = 193\ 624\ кДж/ч – кольцо,$$

$$Q_2 = 0{,}45 \cdot 48{,}567\ (80 – 29) = 1\ 115\ кДж/ч – отвод,$$

$$Q_3 = 2{,}94 \cdot 48{,}567\ (80 – 29) = 7\ 282\ кДж/ч,$$

$$Q_{общ} = 202\ 021\ кДж/ч.$$

5.4.12 Теплопотери через газоходы

– на концах позиций 13,14:

$Q_1 = 1{,}6 \cdot 41{,}868\ (59 – 22) = 2478{,}6 \cdot 2 = 4\ 957$ кДж/ч – через торцы газоходов;

$Q_2 = 553$ кДж/ч – на концах позиций 15,16;

$Q_3 = 1{,}6 \cdot 45{,}217\ (72 – 26) \cdot 2 = 6\ 656$ кДж/ч – через торцы газоходов;

$Q_4 = 645$ кДж/ч – на концах позиций 17,18;

$Q_5 = 1{,}6 \cdot 62{,}802\ (113 – 25) \cdot 2 = 17\ 685$ кДж/ч – через торцы газоходов,

$Q_6 = 2\ 236$ кДж/ч – на концах позиций 19,20;

$Q_7 = 1{,}6 \cdot 68{,}245\ (136 – 29) \cdot 2 = 23367$ кДж/ч – через торцы газоходов;

$Q_8 = 3\ 274$ кДж/ч – переходы (от газоходов к печи) на концах позиций 13, 14, 15, 16.

$Q_9 = 0{,}4 \cdot 45{,}217\ (74 – 24) \cdot 4 = 3\ 617$ кДж/ч – переходы (от газоходов к печи) на концах позиций 17,18,19,20;

$Q_{10} = 0{,}4 \cdot 64{,}058\ (120 – 27) \cdot 4 = 9\ 532$ кДж/ч – потери тепла через 12 шиберов газоходов зоны термообработки;

$Q_{11} = 0{,}28 \cdot 46{,}892\ (92 – 26) \cdot 12 = 10\ 399$ кДж/ч – теплопотери через газоход без футеровки;

$Q_{12} = 0{,}18 \cdot 81{,}224\ (186 – 26) \cdot 8 = 18\ 714$ кДж/ч,

$Q_{общ} = 101\ 635$ кДж/ч.

5.4.13Теплопотеричерез газоходы отработанного теплоносителя

$Q = 15{,}3 \cdot 43{,}124\ (46 – 17) = 19\ 134$ кДж/ч.

5.4.14 Теплопотери через заднюю и переднюю двери – через переднюю дверь

$Q_{пер} = 1{,}9 \cdot 25{,}958\ (18 – 15) = 148$ кДж/ч – через заднюю дверь,

$Q_{зад} = 1{,}9 \cdot 60{,}709\ (105 – 30) = 8\ 651$ кДж/ч,

$Q_{общ} = 8\ 799$ кДж/ч.

5.4.15 Теплопотерис выбиванием горячего теплоносителя через заднюю дверь – выбивание через нижнюю часть двери

$$Q_{ниж} = V_{дым} \cdot i_{дым}, \text{ кДж/ч,} \quad (92)$$

где $V_{дым}$– объем дымовых газов, $нм^3$/ч;

$i_{дым}$– энтальпия дымовых газов, кДж/$нм^3$.

$$Q_{ниж} = 189 \cdot 209{,}34 = 39\,565 \text{ кДж/ч.}$$

– выбивание через верхнюю часть двери (96)

$$Q_{верх} = 243 \cdot 209{,}34 = 50\,870 \text{ кДж/ч,}$$

$$Q_{общ} = 90\,435 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.16 Расход тепла на испарение летучей составляющей связующего из изделий

$$Q_{исп} = (29{,}158 / 10\,000 + 278{,}02) \cdot W, \text{ кДж/ч} \quad (93)$$

где W– количество влаги, испаряемой из изделий, кг/ч;

$$W = Q_{час} \cdot \omega/100 - \omega \text{ , кг/ч} \quad (94)$$

где$Q_{час}$– часовая производительность печи, кг/ч;

ω– относительная влажность сырца, %

$$W = 1\,900 \cdot 1{,}2/100 - 1{,}2 = 23{,}08 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{исп} = (29{,}158 / 10\,000 + 278{,}05) \cdot 3{,}08 = 6\,417 \text{ кДж/ч.}$$

5.4.17 Неучтенные потери тепла

$$Q_{неучт} = 0{,}1 \cdot Q_н \cdot B, \quad (95)$$

$$Q_{неучт} = 0{,}1 \cdot 34901 \cdot B = 3490B \text{ кДж/ч,}$$

$$\Sigma Q_{расх} = Q_{изд} + Q_{под} + Q_{ваг} + Q_{дым} + Q_{окр} + Q_{исп} + Q_{заднДВ} + Q_{неучт} = 1170558 + 744B.$$

5.4.18 Исходя из формулы $\Sigma Q_{расх} = \Sigma Q_{прих}$, получаем:

$$1170558 + 744B + 3490B = 35178B,$$

$$B = 1170558 / (35178 - 744 - 3490) = 37{,}83 \text{ } нм^3/ч.$$

5.4.19 Количество поступающих в термопечь влажных изделий, $Q_{вл}$, кг/час:

$$Q_{вл} = Q_{час} \cdot 100 / 100 - \omega_н, \quad (96)$$

где $\omega_н$, – начальная относительная влажность изделий, %

$\omega_н$, = 2 %

$$Q_{вл} = 1\,900 \cdot 100 / 100 - 2 = 1\,939 \text{ кг/час.}$$

5.4.20 Количество выходящих из печи термообработанных изделий, $Q_{то}$, кг/час

$$Q_{то} = Q_{час} \cdot 100 / 100 - \omega_к, \quad (97)$$

где $\omega_к$, – конечная относительная влажность изделий, %

$\omega_к$, = 0,5 %.

$$Q_{то} = 1\,900 \cdot 100 / 100 - 0{,}5 = 1\,909{,}548 \text{ кг/час.}$$

5.4.21 Часовое количество испаряемой влаги,n, кг/час

$$n = Q_{вл} \cdot (\omega_н - \omega_к) / 100 - \omega_к, \quad (98)$$

$$n = 1\,939 \cdot (2 - 0{,}5_к) / 100 - 0{,}5 = 29{,}23 \text{ кг/час.}$$

5.4.22 Разность между объемом продуктов горения и количеством воздуха, поступающим на горение, ΔV,нм^3/нм^3

$$\Delta V = V_\alpha - \alpha \cdot L_0', \quad (99)$$

$$\Delta V = 11{,}842 - 1{,}15 \cdot 9{,}43 = 0{,}998 \text{нм}^3/\text{нм}^3.$$

5.4.23 Количество продуктов горения, V_0 , нм^3/нм^3

$$V_0 = L_0' + \Delta V, \quad (100)$$

$$V_0 = 9{,}43 + 0{,}998 = 10{,}428 \text{ нм}^3/\text{нм}^3.$$

5.4.24 Расчет начальных параметров теплоносителя.

Начальная температура газов при входе в термопечь $t_н$ = 220 °С. Чтобы получить такую температуру, необходимо дымовые газы, образующиеся при горении топлива, разбавить атмосферным воздухом.

Составим уравнение баланса тепла, принимая количество воздуха для смешивания равным х (нм^3/нм^3 газа) при температуре 20 °С и КПД топки η = 0,9

$$i_{общ} \cdot 0{,}9 + (L_\alpha' + x) \cdot i_{возд}^{20} = i_{дым}^{220} + x \cdot i_{возд}^{220} / V_\alpha,$$

где $i_{возд}^{20}$ – теплосодержание воздуха при температуре 20 °С, кДж/нм^3

$$i_{возд}^{20} = 1,3 \cdot 18 = 23{,}4 \text{ кДж/нм}^3$$

$i_{возд}^{220}$ и $i_{дым}^{220}$ – теплосодержание воздуха и дымовых газов при температуре 220 °С соответственно, кДж/нм^3;

$i_{возд}^{220}$ = 266,7 кДж/нм^3;

$i_{дым}^{220}$ =300 кДж/нм^3;

$$2947 \cdot 0{,}9 + (10{,}84 + x) \cdot 23{,}4 = 300 + x \cdot 266{,}7 / 11{,}842$$

х = 115,54 нм^3/нм^3 газа

4.7.25 Общее количество воздуха идущее на горение и разбавление дымовых газов, L_α'', нм^3/нм^3

$$L_\alpha'' = L_\alpha' + x, \quad (101)$$

$$L_\alpha'' = 10{,}84 + 115{,}54 = 126{,}38 \text{ нм}^3/\text{нм}^3.$$

5.4.26 Общий коэффициент расхода воздуха, $\alpha_{общ}$

$$\alpha_{общ} = L_{\alpha}'' / L_{\alpha}', \quad (102)$$

$$\alpha_{общ} = 126,38 / 9,43 = 13,4.$$

5.4.27 Количество воздуха необходимое для горения, $V_{возд}$, нм^3/час

$$V_{возд} = L_{\alpha}' \cdot B, \quad (103)$$

$$V_{возд} = 10,84 \cdot 37,83 = 410,08 \text{ нм}^3/\text{час}.$$

5.4.28Количество воздуха необходимое для разбавления дымовых газов в камере смешения, $V_{возд}'$, нм^3/час

$$V_{возд}' = \alpha_{общ} \cdot L_0' \cdot B - V_{возд}, \quad (104)$$

$$V_{возд}' = 13,4 \cdot 9,43 \cdot 37,83 - 410,08 = 4\,370,2 \text{ нм}^3/\text{час}.$$

Коэффициент полезного действия термопечи составляет:

$$\eta = Q_{гор} - Q_{окр} / Q_{прих} \cdot 100\%, \quad (105)$$

$$\eta = 1\,320\,305 - 783\,328 / 1\,330\,784 \cdot 100\ \% = 40,4\ \%.$$

Тепловой баланс термопечи представлен в таблице 22.

Таким образом, термообработку периклазоуглеродистых изделий проводим в термопечи при температуре 250 °С. В качестве топлива используем природный газ северного месторождения действительная температура его горения – tг=1470 °С. Исходя из заданной годовой производительности 43 993 т/год по готовой продукции расход топлива составил 1320 305 кДж/ч, производительности термопечи Руд=0,61 т/м2·сут.

Таблица 25– Тепловой баланс термопечи

Наименование статьи	Количество тепла	
	кДж/ч	%
Приход тепла		
Тепло горения топлива, $Q_{гор}$	1 320 305	99,2
Физическое тепло воздуха, $Q_{возд}$	10 479	0,8
Итого:	1 330 784	100
Расход тепла		
На нагрев изделий, $Q_{изд}$	260 205	19,6
На нагрев транспорта:		
– поддона, $Q_{под}$	15 368	1,2
– вагонетки, $Q_{ваг}$	14 805	1,1
С уходящими газами, $Q_{дым}$	28 146	2,1
В окружающую среду:		
– с поверхности стен и свода:		
– зона подогрева, поз. 1–13;	40 810	3,1
– зона термообработки, поз.14–20;	99 972	7,5
– зона охлаждения, поз. 21–32;	117 427	8,8
– с передней и задней дверей	8 799	0,7
– с поверхности пода вагонеток	50 626	3,8
– с поверхности теплогенератора и прилегающего газохода	142 904	10,7
– с поверхности общего газохода поз.12–21	202 021	15,2
– с поверхности разводящих газоходов подачи теплоносителя в печь	101 635	7,6
– с поверхности газоходов отбора дымовых газов	19 134	1,4
С выбиванием горячего воздуха через заднюю дверь	90 435	6,8
На испарение летучей составляющей связующего из изделий, $Q_{исп}$	6 417	0,5
Неучтенные потери тепла, $Q_{неучт}$	132027	9,9
Невязка	+53	+ 0,004
Итого:	1 330 731	100

6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) являются неотъемлемой частью современного производства.

Под АСУТП необязательно представлять сложную систему управления целым производством или цехом. Это вполне может быть автоматизация небольшого участка или даже просто одного процесса [21].

Преимущества внедрения АСУТП:

– исключение «человеческого фактора»;

– автоматическая реакция системы на изменившиеся условия, в соответствии с заложенным алгоритмом;

– сбор необходимой и вспомогательной информации (источником являются всевозможные датчики, устройства, а также непосредственной оператор) [21].

В дипломном проекте рассматривается автоматизация процесса термообработки. Термообработка периклазоуглеродистых изделий производится в термопечи.

Система автоматизации термопечи осуществляет контроль:

- температуры газа перед узлом отключения печи.
- температуры воздуха в коллекторе перед теплогенератором;
- давления в воздушном коллекторе на подаче в теплогенератор;
- давления газа перед узлом отключения печи;
- давления газа перед горелкой;
- давления воздуха перед горелкой;
- давления газа после дросселя ЗСМ–30;
- разрежения в рабочем канале печи на стыках 2/3,12/13,21/22 позиций; разрежения перед дымососами.
- температуры в рабочем канале печи на стыках 2/3,7/8,12/13,13/14,14/15,15/16, 16/1 7,18/19,19/20,20/21,21/22,26/27 позиций;
- температуры в коллекторе подачи горячего воздуха от теплогенератора;
- температуры в дымопроводе отходящих дымовых газов;
- температуры в топке теплогенератора;
- разрежения в коллекторе дымовых газов над печью;
- давления в воздухопроводе печи.
- расхода газа в газопроводе;
- расхода дымовых газов в дымопроводе.

Кроме того, осуществляется автоматическое регулирование температуры в представительной точке зоны термообработки, температуры в зоне охлаждения на стыке 21/22 позиций, температуры горячего воздуха после теплогенератора.

Выполняется световая и звуковая сигнализация об отключении технологических параметров от нормы:

- температуры в топке теплогенератора;
- понижение и повышение давления в газопроводе на участке между горелкой теплогенератора и регулирующим дросселем;

– понижение давления первичного воздуха перед задвижкой, отключающей горелку теплогенератора;

– понижение разрежения в рабочем канале печи на стыке 2/3 позиций и дымопроводе перед дроссельным клапаном;

– погасании факела в топке теплогенератора; – состояния клапанов аварийного и переключающего;

– давление в воздушном коллекторе печи.

Осуществляется автоматическое управление механизмами печи:

– дверью;

– толкателями загрузки–разгрузки; – подъемниками загрузки–разгрузки.

Температура в рабочем канале печи контролируется посредством термоэлектрических преобразователей ТХА и многоканальных приборов А–682 и ФШЛ–501. Температура в топке теплогенератора контролируется посредством термопары ТХА и одного из каналов вторичного прибора ФШЛ–501. Сигналов превышении температуры в топке выводится на щит контроля и управления 2 ЩКУ, расположенный в помещении КИП. Температура в газопроводе и коллекторе воздуха перед горелкой контролируется с помощью монометрических термометров ТКП–100.Местный напор контроля и разрежения осуществляется посредством тягонапорометров ТНПМ–52. Сигнализация об отключении напора и разрежения осуществляется посредством датчиков напора ДН и тяги ДТ. Сигналы об отключении выведены на щит 2ЩКУ.

Контроль факела в топке теплогенератора осуществляется прибором контроля пламени ФЗ 4.2, установленном на щите 2ЩКУ, фотодатчик ФД 4 установлен в топке теплогенератора. Дистанционный контроль разрежения в коллекторе дымовых газов над печью и давления в воздухопроводе печей № 1,2,3 осуществляется посредством датчиков типа "САПФИР" и вторичного прибора А–542. Дистанционный контроль расхода газа и отходящих дымовых газов осуществляется с помощью датчиков перепада давления "САПФИР" и вторичного прибора А–542.

Автоматическое регулирование температуры в указанных точках осуществляется посредством программируемого контроллера Р. 130–01–23, термопар ТХА и исполнительных механизмов МЭО. Автоматическое управление механизмами печи осуществляется посредством программируемого контроллера Р 130–02–73.

При описании работы системы введены следующие обозначения:

–SQ– датчик положения механизма; (HL)

–SB– кнопочный пост;(HA)

–Z– состояние датчика (поста):

–Z = 1 – контакт замкнут; –Z = 0 – контакт разомкнут.

Печь термообработки в процессе эксплуатации характеризуется следующими состояниями механизмов и датчиков положения:

– Толкатель на загрузке: Z (5SQ3) = 1 – впереди и Z (5SQ4) = 1 – в исходном положении (сзади).

– Подъемник на загрузке: Z (6SQ1) = 1 – вверху, Z(6SQ2)=1–внизу.

– Толкатель на разгрузке:Z (7S03)= 1 –впереди, Z (7SQ4)=1 – сзади.
– Подъемник на разгрузке:Z (8SQ1) =1 – вверху,Z (8SQ2)1 – внизу.
– Дверь: Z (9SQ3) = 1 – внизу, Z (9SQ4) = 1 – вверху.
– Разгрузочное место:Z (SB1)1– свободно, Z (SB1) =0 – занято.
– Разгрузочное место: Z (SB2) = 1 –свободно, Z (SB2) = 0 – занято.

Регулирование температуры в дистанционном режиме осуществляет оператор по приборам со щита 1ЩКУ, ключами 1SA2 ... 3SA2. Сигналы от термопар позиций 23/1 ...23/3 поступают в блок усиления–нормализации БУТ–10, после чего блок контроллера БК отрабатывает выходной сигнал управления на блок усиления БУМ–10. Сигнал "больше меньше" с БУМ–10 подается на исполнение механизмы, воздействующие на регулирующие органы. В полуавтоматическом режиме контроль времени между циклами проталкивания осуществляет оператор. При аварийном отклонении одного или нескольких теплотехнических параметров от нормы в помещение КИП и на места загрузки–разгрузки подаются звуковые сигналы (НА1 .НА3).

Расшифровка причины аварийного состояния дается с помощью световых табло HL1 ...HL23 на щите 2ЩКУ.

–При теплотехнических параметрах в норме, при готовности вагонетки к загрузке в печь, при готовности места разгрузки к приему вагонетки из печи оператор посредством кнопочных постов SB1 и SB2 с мест загрузки–разгрузки дает разрешение на начало очередного проталкивания и цикла термообработки.

– При завершении предыдущего цикла и при наличии разрешения с мест (SB1,SB2) загрузки–разгрузки начинается новый цикл термообработки.

–Цикл термообработки в автоматическом режиме начинается с опроса датчиков положения механизмов 5SQ3,5SQ4; 6SQ1,6SQ2; 7SQ3;7SQ4; 8SQ1,8SQ2;9SQ3,9SQ4 и кнопочных постов SB1 и SB2.

–При состоянии механизмов, соответствующем исходному состоянию печи подается предупредительный сигнал с места загрузки–выгрузки.

–По прошествии30 секунд с начала подачи сигнала подается управляющий сигнал на поднятие двери.

– При появлении сигнала о нахождении двери о верхнем положении(Z(9SQ4) подается управляющий сигнал на остановку двери и на движение толкателя загрузки вперед.

– При появлении сигнала о нахождении толкателя загрузки в переднем положении(Z(5SQ3)= 1) подается управляющий сигнал на движение толкателя назад.

–При появлении сигнала о нахождении толкателя загрузки в исходном положенииb (Z (5SQ4) = 1) подается управляющий сигнал на движение двери вниз и на остановку толкателя.

– При появлении сигнала о подходе двери в нижнее положение (Z(9SQ4)=1) подается сигнал на остановку двери, на движение подъемников вниз и на начало отсчета времени термообработки.

–При подходе подъемников в нижнее положение (Z(6SQ2) = 1; Z(8SQ2)=1) подается управляющий сигнал на остановку подъемников и на движение толкателя разгрузки вперед.

При подходе толкателя разгрузки вперед (Z(7SQ3) = 1) подается управляющий сигнал на движение толкателя назад.

– При подходе толкателя разгрузки в исходное положение (Z(7SQ4) = 1) подается управляющий сигнал на движение подъемников вверх.

– При появлении сигнала о нахождении подъемников в верхнем положении (Z(6SQ1) =1; Z(8SQ1) =1) подается сигнал на остановку подъемников и на съем предупредительного сигнала.

–В течении операций, выполняемых по вышеперечисленным пунктам продолжается отсчет времени термообработки. По окончании операций оператор осуществляет загрузку вагонетки материалом.

– По истечении времени термообработки подается сигнал оператору.

Оператор принимает решение о дальнейшей работе. Система ждет разрешения оператора на повторение цикла. Разрешение на повторение цикла оператор подает с мест загрузки–разгрузки с кнопочных постов SB1, SB2 – после фактического выполнения операций "загрузки" и "разгрузки". Все вышеперечисленные операции в автоматическом режиме выполняются под управлением контроллера Р130–02–73.Сигналы о состоянии механизмов печи и мест загрузки –разгрузки поступают через модуль ввода дискретных сигналов в блок контроллера, где в соответствии со схемой соединений алгоблоков вырабатывается управляющий сигнал, передаваемый на усиление в блок усиления БУМ–10. С выхода блока сигналы подаются на пусковую аппаратуру механизмов.

7 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

7.1 Организация труда и заработной платы.

7.1.1 Режим работы предприятия

В дипломном проекте разрабатывается цех по производству перилазоуглеродистых изделий.

Сырьем для производства периклазоуглеродистых изделий является плавленый периклазовый порошок графит, фенолоформальдегидная смола и антиоксиданты.

Основное оборудование – смеситель фирмы «Eirich» (2 штуки), гидравлический пресс «Laies» HPF–2500 (2 штуки), термопечь, автоматические порционные весы ДПО–250.

Вспомогательное оборудование – бункера, конвейеры, пневмотранспорт, подъемно–транспортное оборудование, вентилятор ВКР 70–39.

Производительность отделения 43993т/год.

Поскольку оборудование работает непрерывно по причине возникновения сбоя в процессе производства, принимаем непрерывный режим работы предприятия. То есть 2 смены по 12 часов в смену. График двухсменный четырех бригадный.

Четырех бригадный график обеспечивает непрерывную работу, постоянное время начала и конца смен и регулярные выходные дни для каждой бригады (рабочего) после двух дней работы.

Баланс рабочего времени на 2020 год представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Баланс рабочего времени на 2020 год.

Показатели	Оперативный персонал			
	Скользящий график работы 2смены (по 12 часов)		Прерывистый график Работ (пятидневка)	
	Дни	Часы	Дни	Часы
1)Календарный фонд.	365	365·24=8760	365	365·8=2920
2)Выходные дни.	106	106·24=2544	106	106·8=848
3)Праздничные дни.	12	12·24=288	12	12·8=96
4)Номинальный (рабочий) фонд	365–106–12 =247	247·24=5928	247	247·8=1976
5)Невыходы на работу		43·24=1032		43·8=344
Всего:	43		43	
–отпуска	28		28	
–болезни	12		12	
–прочие	3		3	
Эффективный фонд	247–43=204	204·24=4896	247–43=204	204·8=1632
Эффективное время время в процентах	204/365=56 %		204/365=56 %	

Режим работы:

I см с 7^{oo} до 19^{oo};

II см с 19^{oo} до 7^{oo};

– Количество рабочих дней в году – 252 дня;

– количество смен в сутках–2 смены;

– продолжительность смены–12 часов.

Состав бригады:

1. Бегунщик– 5 разряда – 2 человека.
2. Прессовщик – 5 разряда – 2 человека.
3. Помощник прессовщика– 4 разряда – 2 человека.
4. Крановщик– 3 разряда – 1 человек.
5. Дежурный слесарь– 5 разряда – 1 человек.
6. Дежурный электрик – 5 разряда –1 человек.
7. Садчик – 5 разряд –1 человек.

8. Обжигальщик – 6 разряд – 1 человек.
9. Сортировщик – 3 разряд – 1 человек.

10.1.2 –График выхода на работу

График выхода на работу представлен в таблице 27.

Таблица 27–График выхода на работу

	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	26	27	28	29	30	31
I	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О
II	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**
III	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д
IV	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н	О	**В**	Д	Н

7.1.3 Расчет численности трудящихся

Явочная численность рабочих по нормативу численности, чел:

$$N_{ЯВ} = A \cdot Nч \cdot n_{см}, \quad (106)$$

где $N_{яв}$– явочная численность,

Nч – норматив численности или количество рабочих необходимых для обслуживания одного агрегата или рабочего места в смену.

А– число агрегатов или рабочих мест,

$n_{см}$– количество смен в сутки.

Списочный состав– это количество рабочих с учетом подмены на выходные, праздничные, больничные и прочие неявки.

$$N_{СП} = N_{ЯВ} \cdot К_{СП}, \quad (107)$$

где$К_{СП}$– списочный коэффициент зависящий от режима работы предприятия,

$N_{ЯВ}$– явочная численность,

$$К_{СП} = Д_{РАБ}/(365 - Т_{ВЫХ} - Т_{ПР} - Т_{ОТП}) \cdot 0{,}96, \quad (108)$$

где $Д_{РАБ}$ – количество рабочих дней в году – 252;

$Т_{ВЫХ}$ –количество выходных дней в году – 98;

$Т_{ПР}$ –количество праздничных дней в году – 15;

$Т_{ОТП}$ – количество отпускных дней в году – 28;

0,96 – коэффициент учитывающий невыходы на работу по уважительной причине.

$К_{СП} = 252/(365 - 106 - 12 - 28) \cdot 0{,}96 = 1{,}08.$

Бегунщик – 5 разряд:

$N_{ЯВ} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4$ чел.

$N_{СП} = 4 \cdot 1{,}08 = 5$ чел.

Прессовщик – 5 разряд:

$N_{ЯВ} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4$ чел.

$N_{СП} = 4 \cdot 1{,}08 = 5$ чел.

Помощник прессовщика – 4 разряд:

$N_{ЯВ} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4$ чел.

$N_{СП} = 4 \cdot 1{,}08 = 5$ чел.

Крановщик – 3 разряд:

$$N_{ЯВ} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел.}$$

$$N_{СП} = 2 \cdot 1{,}08 = 3 \text{ чел.}$$

Дежурный слесарь – 4 разряд:

$$N_{ЯВ} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел.}$$

$$N_{СП} = 2 \cdot 1{,}08 = 3 \text{ чел.}$$

Дежурный электрик – 4 разряд:

$$N_{ЯВ} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел.}$$

$$N_{СП} = 2 \cdot 1{,}08 = 3 \text{ чел.}$$

Садчик – 5 разряд:

$$N_{ЯВ} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{чел.}$$

$$N_{СП} = 2 \cdot 1{,}08 = 3 \text{ чел.}$$

Обжигальщик – 6 разряд:

$$N_{ЯВ} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{чел.}$$

$$N_{СП} = 2 \cdot 1{,}08 = 3 \text{ чел.}$$

Сортировщик– 3 разряд:

$$N_{ЯВ} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{чел.}$$

$$N_{СП} = 2 \cdot 1{,}08 = 2 \text{ чел.}$$

Штатное расписание участка представлено в таблице 28.

Таблица 28 – Штатное расписание участка

Наименование профессий	разряд	Часовая тарифная ставка	Явочная Числен-ность	В том числе по сменам		Списоч-ный коэффи-циент	Списочный состав
Бегунщик	5	54,35	4			1,08	5
Прессовщик	5	59,23	4			1,08	5
Помощник прессовщика	4	54,35	4			1,08	5
Крановщик	3	50,57	2			1,08	3
Дежурный слесарь	4	49,89	2			1,08	3
Дежурный электрик	4	50,89	2			1,08	3
Садчик	5	59,23	2			1,08	3
Обжигальщик	6	65,68	2			1,08	3
Сортировщик	3	50,57	2			1,08	3
Итого			24				33

7.1.4 Расчет заработной платы трудящихся и персонала управления

Фонд рабочеговремени, чел/час:

$$ФРВ = Т_Р \cdot Т_{СМ} \cdot n_{см} \cdot N_{ЯВ}, \quad (109)$$

ГдеТ$_Р$– число рабочих дней в году– 247 (дня);

$Т_{СМ}$– время смены –12 (часов);

$n_{см}$ –количество смен в сутках – 2 (смены);

$N_{ЯВ}$– явочная численность трудящихся в смену.

Фонд рабочего времени, отработанного в ночь, (чел/час):

$$ФРВн = 1/3 \cdot ФРВ. \quad (110)$$

где ФРВн– фонд рабочего ночного времени.

Зарплата по повременно–премиальной системе, руб:

$$З_{ПОВ.ПР} = ФРВ \cdot Т_{ст} \cdot П. \quad (111)$$

Где П– показатель премии 30 %;

Тст – тарифная ставка.

Доплата за ночное время, руб:

$$Д_{Н.В} = 0{,}4 \cdot З_{ПОВ.ПР}. \quad (112)$$

Итог основной заработной платы, руб:

$$ОЗП = З_{ПОВ.ПР} + Д_{Н.В}. \quad (113)$$

Основная заработная плата с учетом районного коэффициента(1,15), руб:

$$ОЗП_{Р.К} = ОЗП \cdot Р_К. \quad (114)$$

Дополнительная заработная плата составляет 10 % от основной заработной платы, руб:

$$ДЗП = ОЗПр.к \cdot 0{,}1. \quad (115)$$

Общий фонд заработной платы:

$$ФЗП_{ОБЩ} = ОЗПр.к + ДЗП. \quad (116)$$

Бегунщик – 5 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 5 = 29640 \text{ (чел/час)};$$
$$ФРВн = 1/3 \cdot 29640 = 9880 \text{(чел/час)};$$
$$З_{ПОВ.ПР} = 29640 \cdot 54{,}35 \cdot 1{,}3 = 2094214{,}20 \text{ руб};$$
$$Д_{Н.В} = 2094214{,}20 \cdot 0.4 = 837685{,}68 \text{ руб};$$
$$ОЗП = 2094214{,}68 + 837685{,}7 = 2931899{,}88 \text{ руб};$$
$$ОЗП_{Р.К} = 2931899{,}88 \cdot 1{,}15 = 3371684{,}86 \text{ руб};$$
$$ДЗП = 3371684{,}86 \cdot 0{,}1 = 337168{,}49 \text{ руб};$$
$$ФЗП_{ОБЩ} = 3371685 + 337168{,}5 = 3708853{,}35 \text{ руб}.$$

Прессовщик – 5 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 5 = 29640 \text{ (чел/час)};$$
$$ФРВн = 1/3 \cdot 29640 = 9880 \text{(чел/час)};$$
$$З_{ПОВ.ПР} = 29640 \cdot 59{,}23 \cdot 1{,}3 = 2282250{,}36 \text{ руб};$$
$$Д_{Н.В} = 2282250{,}36 \cdot 0{,}4 = 912900{,}14 \text{ руб};$$
$$ОЗП = 2282250{,}36 + 912900{,}14 = 3195150{,}50 \text{ руб};$$
$$ОЗП_{Р.К} = 3195150{,}50 \cdot 1.15 = 3674423{,}08 \text{ руб};$$
$$ДЗП = 3674423{,}08 \cdot 0{,}1 = 367442{,}31 \text{ руб};$$

$$ФЗП_{ОБЩ} = 3674423,08 + 367442,31 = 4041865,39 \text{ руб.}$$

Помощник прессовщика – 4 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 5 = 29640 \text{ (чел/час);}$$

$$ФРВн = 1/3 \cdot 29640 = 9880 \text{ (чел/час);}$$

$$З_{ПОВ.ПР} = 29640 \cdot 54,35 \cdot 1,3 = 2094214,20 \text{ руб;}$$

$$Д_{Н.В} = 2094214,20 \cdot 0,4 = 837685,68 \text{ руб;}$$

$$ОЗП = 2094214,20 + 837685,68 = 2931899,88 \text{ руб;}$$

$$ОЗП_{Р.К} = 2931899,88 \cdot 1,15 = 3371684,86 \text{ руб;}$$

$$ДЗП = 3371684,86 \cdot 0,1 = 337168,49 \text{ руб;}$$

$$ФЗП_{ОБЩ} = 3371684,86 + 337168,49 = 3708853,35 \text{ руб;}$$

Крановщик – 3 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 3 = 17784,0 \text{ (чел/час);}$$

$$ФРВн = 1/3 \cdot 17784,0 = 5928,0 \text{ (чел/час);}$$

$$З_{ПОВ.ПР} = 17784,0 \cdot 50,57 \cdot 1,3 = 1169137,94 \text{ руб;}$$

$$Д_{Н.В} = 1169137,94 \cdot 0,4 = 467655,18 \text{ руб;}$$

$$ОЗП = 1169137,94 + 467655,18 = 1636793,12 \text{ руб;}$$

$$ОЗП_{Р.К} = 1636793,12 \cdot 1,15 = 1882312,09 \text{ руб;}$$

$$ДЗП = 1882312,09 \cdot 0,1 = 188231,21 \text{ руб;}$$

$$ФЗП_{ОБЩ} = 1882312,09 + 188231,21 = 2070543,30 \text{ руб.}$$

Дежурный слесарь – 4 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 3 = 17784,0 \text{ (чел/час);}$$

$$ФРВн = 1/3 \cdot 17784,0 = 5928,0 \text{ (чел/час);}$$

$$З_{ПОВ.ПР} = 17784,0 \cdot 49,89 \cdot 1,3 = 1153416,89 \text{ руб;}$$

$$Д_{Н.В} = 1153416,89 \cdot 0,4 = 461366,76 \text{ руб;}$$

$$ОЗП = 1153416,89 + 461366,76 = 1614783,64 \text{ руб;}$$

$$ОЗП_{Р.К} = 1614783,64 \cdot 1,15 = 1857001,19 \text{ руб;}$$

$$ДЗП = 1857001,19 \cdot 0,1 = 185700,12 \text{ руб;}$$

$$ФЗП_{ОБЩ} = 1857001,19 + 185700,12 = 2042701,31 \text{ руб.}$$

Дежурный электрик – 4 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 3 = 17784,0 \text{ (чел/час);}$$

$$ФРВн = 1/3 \cdot 17784,0 = 5928,0 \text{ (чел/час);}$$

$$З_{ПОВ.ПР} = 17784,0 \cdot 50,89 \cdot 1,3 = 1176536,09 \text{ руб;}$$

$$Д_{Н.В} = 1176536,09 \cdot 0,4 = 470614,44 \text{ руб;}$$

$$ОЗП = 1176536,09 + 470614,44 = 1647150,52 \text{руб;}$$

$$ОЗП_{Р.К} = 1647150,52 \cdot 1,15 = 1894223,10 \text{руб;}$$

$$ДЗП = 1894223,10 \cdot 0,1 = 189422,31 \text{ руб;}$$

$$ФЗП_{ОБЩ} = 1894223,10 + 114978,49 = 2083645,41 \text{ руб.}$$

Садчик – 4 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 3 = 17784,0 \text{ (чел/час);}$$

$$ФРВн = 1/3 \cdot 17784,0 = 5928,0 \text{ (чел/час);}$$

$$З_{ПОВ.ПР} = 17784,0 \cdot 59,23 \cdot 1,3 = 1369350,22 \text{ руб;}$$

$$Д_{Н.В} = 1369350,22 \cdot 0,4 = 547740,09 \text{ руб;}$$

$$ОЗП = 1369350,22 + 547740,09 = 1917090,30 \text{ руб;}$$

$$ОЗП_{Р.К} = 1917090{,}30 \cdot 1{,}15 = 2204653{,}85 \text{ руб};$$
$$ДЗП = 2204653{,}85 \cdot 0{,}1 = 220465{,}38 \text{ руб};$$
$$ФЗП_{ОБЩ} = 2204653{,}85 + 220465{,}38 = 2425119{,}23 \text{ руб}.$$

Обжигальщик – 6 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 3 = 17784{,}0 \text{ (чел/час)};$$
$$ФРВн = 1/3 \cdot 17784{,}0 = 5928{,}0 \text{ (чел/час)};$$
$$З_{ПОВ.ПР} = 17784{,}0 \cdot 65{,}68 \cdot 1{,}3 = 1518469{,}06 \text{руб};$$
$$Д_{Н.В} = 1518469{,}06 \cdot 0{,}4 = 607387{,}62 \text{ руб};$$
$$ОЗП = 1518469{,}06 + 607387{,}62 = 2125856{,}68 \text{ руб};$$
$$ОЗП_{Р.К} = 2125856{,}68 \cdot 1{,}15 = 2444735{,}18 \text{ руб};$$
$$ДЗП = 2444735{,}18 \cdot 0{,}1 = 244473{,}52 \text{ руб};$$
$$ФЗП_{ОБЩ} = 2444735{,}18 + 244473{,}52 = 2689208{,}70 \text{ руб}.$$

Сортировщик – 3 разряд:

$$ФРВ = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 3 = 17784{,}0 \text{ (чел/час)};$$
$$ФРВн = 1/3 \cdot 17784{,}0 = 5928{,}0 \text{ (чел/час)};$$
$$З_{ПОВ.ПР} = 17784{,}0 \cdot 50{,}57 \cdot 1{,}3 = 1169137{,}94 \text{ руб};$$
$$Д_{Н.В} = 1169137{,}94 \cdot 0{,}4 = 467655{,}18 \text{ руб};$$
$$ОЗП = 1169137{,}94 + 467655{,}18 = 1636793{,}12 \text{ руб};$$
$$ОЗП_{Р.К} = 1636793{,}12 \cdot 1{,}15 = 1882312{,}09 \text{ руб};$$
$$ДЗП = 1882312{,}09 \cdot 0{,}1 = 188231{,}21 \text{ руб};$$
$$ФЗП_{ОБЩ} = 1882312{,}09 + 188231{,}21 = 2070543{,}30 \text{ руб}.$$

Фонд заработной платы основных производственных рабочих:

$$\sum = 3708853{,}35 + 4041865{,}39 +$$
$$+ 3708853{,}35 + 2070543{,}30 + 2042701{,}31 + 2083645{,}41 +$$
$$+ 2425119{,}23 + 2689208{,}70 + 2070543{,}30 =$$
$$= 24841333{,}33 \text{руб}$$

Фонд заработной платы основных производственных рабочих представлен в таблице 29.

Таблица29 – Фонд заработной платы

Наименование профессий	разряд	Тарифная ставка Руб/час	Время смены, час	Явочная численность, чел.	Кол–во смен	ФРВ	ФРВн	З пов. Пр.	Дн.в	Основная зарплата			ФЗПобщ
										ОЗП	ОЗПрк	ДЗП	
Бегунщик		54,35	12	5	2	29640,00	9880,00	2094214,20	837685,68	2931899,88	3371684,86	337168,49	3708853,35
Прессовщик		59,23	12	5	2	29640,00	9880,00	2282250,36	912900,14	3195150,50	3674423,08	367442,31	4041865,39
Помощник прессовщика		54,35	12	5	2	29640,00	9880,00	2094214,20	837685,68	2931899,88	3371684,86	337168,49	3708853,35
Крановщик		50,57	12	3	2	17784,00	5928,00	1169137,94	467655,18	1636793,12	1882312,09	188231,21	2070543,30
Дежурный слесарь		49,89	12	3	2	17784,00	5928,00	1153416,89	461366,76	1614783,64	1857001,19	185700,12	2042701,31
Дежурный электрик		50,89	12	3	2	17784,00	5928,00	1176536,09	470614,44	1647150,52	1894223,10	189422,31	2083645,41
Садчик		59,23	12	3	2	17784,00	5928,00	1369350,22	547740,09	1917090,30	2204653,85	220465,38	2425119,23
Обжигальщик		55,68	12	3	2	17784,00	5928,00	1518469,06	607387,62	2125856,68	2444735,18	244473,52	2689208,70
Сортировщик		50,57	12	3	2	17784,00	5928,00	11691137,94	467655,18	1636793,12	1882312,09	188231,21	2070543,30
итого													24841333,33

Начисления на З.П. составляют 30 %:

ФЗП с начислениями = 24841333,33·1,3=32293733,33руб.

Заработная плата аппарата управления представлена в таблице 30.

Таблица 30– Заработная плата аппарата управления

Должность	Оклад Руб/мес	Количество человек	Оклад в год, руб/год	ОЗП с районным коф.(1,15), руб.	ДЗП (0,4), руб.	Общий фонд ЗП, руб.
Начальник цеха	60 000	1	720 000	828 000	331200	1159200
Начальник смены	40 000	4	1 920 000	2 208 000	883200	3091200
Технолог	35 000	1	420 000	483 000	193200	676200
Итого:						4926600

Начисления на заработную плату персоналу управления

ФЗП с начислениями = 4 926 600·1,3=6404580руб

7.2 Организация инфраструктуры отделения

7.2.1 Определение затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по двуставочному тарифу.

$$T = a \cdot P + b \cdot N, \quad (117)$$

где Р– расход, потребляемой электроэнергии, кВт/час;

N –установленная мощность оборудования, кВт;

a – тариф за 1 кВт=4,48 кВт/час;

b – плата за входящую электроэнергию – 220 руб/кВт.

Расчет потребляемой энергии представлен в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет потребляемой энергии

Наименование оборудования	Кол–во	Номинальная мощность оборудования кВт	Суммарная мощность кВт	Баланс рабочего времени	Расход электроэнергии, кВт/час
1Пресс «Лайс ХПF–2500»	2	180	360	5631,6	2027376
2 Смеситель Айрих RV–15	2	40	80	5631,6	450528
3 Дозатор ДПО –250	6	3,4	20,4	5631,6	114884,64
4 Кран мостовой	1	15	15	5631,6	84474
5 Вентилятор ВКР	3	1,1	3,3	5631,6	18584,28
6 Термопечь	1	14	14	5631,6	78842,4
Итого	15		492,7		2774689,32

Баланс рабочего времени:

$$T = T_{р} \cdot n_{см} \cdot T_{см} \cdot k_{экс}, \quad (118)$$

где Тр–кол–во рабочих смен=247;

$n_{см}$ – кол–во смен за сутки =2;

Тсм – продолжительность смен = 12 часов;

$k_{эк}$– коэффициент экстенсивного использования оборудования = 0,95.

$$T=247*2*12*0,95 = 5631,6 \text{ часов.}$$

$$Тобщ = 4,48 \cdot 2\ 762\ 299,8+220 \cdot 490,5=12\ 539\ 002,2 \text{ руб.}$$

7.2.2 Определение затрат на материалы

Затраты на сырье и материалы по 1 варианту представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Затраты на сырье и материалы

Наименование материала	Норма расхода на единицу продукции	Потребляемое кол–во, т/год	Цена сырья и материала, руб	Сумма затрат, руб
Плавленый периклазовый порошок фракции 6–4	0,10	2885,35	50 000	144267629,00
Плавленый периклазовый порошок фракции 4–1	0,41	18137,02	50 000	906851213,59
Плавленый периклазовый порошок фракции 1–0	0,26	11334,45	50 000	566722503,82
Плавленый периклазовый порошок фр.<0,063	0,10	4531,88	60 000	271912552,86
Графит	0,15	6802,57	64800	440806807,86
СФП	0,04	1585,20	105000	166446470,78
Этиленгликоль	0,02	680,73	83700	56977390,34
Итого		45957,21		2553984568,25
Неучтенные расходы(10 %)		4595,72		255398456,8
Всего		50552,94		2809383025,08

Затраты на сырье и материалы по 2 варианту представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Затраты на сырье и материалы

Наименование материала	Норма расхода на единицу продукции	Потребля-емое кол–во, т/год	Цена сырья и материала, руб.	Сумма затрат, руб.
Плавленый периклазовый порошок фракции 6–4	0,10	2 933,15	50 000	146657 374,90
Плавленый периклазовый порошок фракции 4–1	0,42	18 308,40	50 000	915419886,47
Плавленый периклазовый порошок фракции 1–0	0,26	11 443,94	50 000	572196933,72
Плавленый периклазовый порошок фр.<0,063	0,10	4 579,48	60 000	274768777,16
Графит	0,10	6 864,46	64800	444816946,77
ФФС	0,16	1 370,99	99850	136893118,00
Антиоксидант	0,01	457,00	77160	35261802,65
Итого		45 957,41		2526014839,67
Неучтенные расходы(10 %)		4 595,74		252601484
Всего		50 553,15		2778616323,64

7.2.3 Определение затрат на охрану труда.

Затраты на охрану труда составляют 5 % от фонда заработной платы трудящихся (только рабочих).

$$ОТ = \frac{5 \cdot ФЗП}{100}, \quad (119)$$

где ФЗП– фонд заработной платы.

$$ОТ = \frac{5 \cdot 32\ 293\ 733{,}33}{100} = 1\ 614\ 686{,}67 \text{руб.}$$

7.2.4 Определение затрат на амортизации и ремонтный фонд

Расчет затрат на амортизацию:

Амортизация – это возмещение стоимости износа путем постоянного переноса на готовую продукцию. Амортизационные отчисления производятся с помощью норм амортизации.

Нормы амортизации – это годовой % возвращения стоимости износа.

В общем случае амортизация определяется по формуле, руб:

$$A=(П\cdot На)/100, \quad (120)$$

где П– стоимость оборудования, руб.;

На–норма амортизации, %.

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 34.

Таблица 34– Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Кол–во	Стоимость ед. руб.	Общая стоимость, руб.	$Н_а$, %	Амортизация, руб.
Пресс «Лайс HPF–2500»	2	37 000 000	74 000 000	7,7	5 698 000
Смеситель АйрихRV	2	15 000 000	30 000 000	4,3	1 290 000
Дозатор ДПО –250	6	38 200	229 200	4,3	9 855,6
Кран мостовой	3	405 000	1 215 000	7,7	93555
Вентилятор ВКР	1	22 213	22 213	4,3	955,159
Термопечь	1	15 000 000	15 000 000	7,7	1 155 000
Итого			120 466 413		8 247 365,76
Неучтено 10 %			12 046 641		824 736,576
Всего			132 513 054		9 072 102,33

7.3 Определение себестоимости продукции

Себестоимость 1 т изделий (1 Вариант) рассчитана в таблице 35.

Таблица 35– Себестоимость 1 т изделий (1 Вариант)

Наименование статей затрат	Общая сумма затрат, руб	Сумма затрат на тонну изделий, руб
ФЗП основных производственных рабочих	24841333,33	393,40
Страховые взносы на внебюджетные нужды	32293733,33	734,07
Зарплата ИТР с начислениями	6404580	145,58
Энергозатраты	16 249 549	369,37
Затраты на сырье и материалы	2809383025,08	63859,77
Амортизация	9 072 102,33	206,22
Охрана труда	1614686,67	36,70
Итого сумма затрат	2899859009,74	65916,37

Себестоимость 1 т изделий (2 Вариант) рассчитана в таблице 36.

Таблица 36 – Себестоимость 1 т изделий (2 Вариант)

Наименование статей затрат	Общая сумма затрат, руб	Сумма затрат на тонну изделий, руб
ФЗП основных производственных рабочих	24841333,33	393,40
Страховые взносы на внебюджетные нужды	32293733,33	734,07
Зарплата ИТР с начислениями	6404580	145,58
Энергозатраты	16 249 549	369,37
Затраты на сырье и материалы	2778616323,64	63160,42
Амортизация	9 072 102,33	206,22
Охрана труда	1614686,67	36,70
Итого сумма затрат	2869092308,30	65217,02

Производительность 43 993 т/год.

Затраты на единицу продукции составили по 1 варианту составили 65916,37руб. Цена единицы продукции 77 000 руб.Затраты на единицу продукции составили по 2 варианту составили 65217,02руб. Цена единицы продукции 77 000 руб.

Тогда рентабельность продукции:

$$R=\frac{Ц-С}{С}\cdot 100\% , \quad (121)$$

$$R = \frac{77\,000-65\,217,02}{65\,217,02}\cdot 100=18,08\ \%.$$

7.4 Расчет экономической эффективности от внедрения оргтех мероприятий

Экономия по себестоимости, руб:

$$С= (С_1– С_2)\ Q_{год,}, \quad (122)$$

где $С_1$ –себестоимость 1Т продукции по первому варианту, руб.

$С_1$ = 65916,37руб.

$С_2$– себестоимость 1Т изделий по второму варианту, руб.

$С_2$ =65217,02руб.

$Q_{год}$ – годовая производительность отделения, т/год.

$Q_{год}$ =43 993т\год.

Экономия по себестоимости:

$$С=(65\,916,37– 65\,217,02)\cdot 43\,993 = 518368691,7руб.$$

Общая эффективность капитальных вложений характеризуется сроком окупаемости или коэффициентом экономической эффективности.

Срок окупаемости рассчитывается по формуле:

$$Т_{ок} = \frac{К}{П_б}, \quad (123)$$

где К– общие капитальные затраты, тыс. руб.

Пб – балансовая (годовая) прибыль предприятия, тыс. руб.

$$П_б = (Ц_р - С_п)\cdot Д_{год}\ , \quad (124)$$

где Цр – расчетная (оптовая) цена 1 т готового изделия, руб;

С п – полная себестоимость 1 т готового изделия, руб;

Д год – годовая производительность отделения, тыс. руб.

$$П_б = (77000 - 65217,02)\cdot 43993 = 518\,368\,691,7\ руб.$$

$$Т_{ок} = \frac{1040000000}{518\,368\,691,7} = 0,25\ лет.$$

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений определяется:

$$Е_{ок} = \frac{П_б}{К} = \frac{1}{Т_{ок}}, \quad (125)$$

$$Е_{ок} = \frac{1}{0,25} = 4.$$

Расчет характеристик использования основных производственных фондов предприятия.

Фондоотдача:

$$Ф_о = \frac{Q}{Ф_{ср.год}}; \quad (126)$$

$$Ф_{ср.год.} = \frac{Ф_{ср.год.н} + Ф_{ср.год.к}}{2}; \quad (127)$$

$$Ф_{ср.год.} = \frac{132\ 513\ 054 + (132\ 513\ 054 - 9\ 072\ 102{,}33)}{2} = 127\ 977\ 002{,}84 \text{ руб};$$

$$Ф_{о} = \frac{43993 \cdot 61000}{127\ 977\ 002{,}84} = 20.97 \text{ руб.}$$

Фондоемкость:

$$Ф_{е} = \frac{1}{Ф_{о}}; \quad (128)$$

$$Ф_{е} = \frac{1}{20{,}97}. = 0{,}048.$$

Фондовооруженность:

$$Ф_{в} = \frac{Ф_{ср.год}}{Ч_{сп}}; \quad (129)$$

$$Ф_{в} = \frac{127\ 997\ 002{,}84}{45} = 2\ 844\ 377{,}84\ .$$

7.5 Основные технико-экономические показатели

Основные технико-экономические показатели представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Основные технико-экономические показатели

Наименование показателей	Показатель
Годовой объем продукции, т	43 993
Фонд заработной платы с начислениями, руб.	32293733,33
Рентабельность, %	18,07
Себестоимость, руб/т	65217,02
Чистая прибыль предприятия, руб.	30 766 701,44
Стоимость основных фондов, руб.	2869092308,30
Численность рабочих, чел	33
Срок окупаемости кап. вложений, лет	0,25
Фондоотдача	20,97
Фондоемкость	0,048
Фондовооруженность	2 844 377,84

Таким образом, предложенные изменения в технологию производства периклазоуглеродистых изделий позволяют снизить себестоимость продукции до 65217,02 руб/т. Чистая прибыль предприятия составит 30 766 701,44руб, срок окупаемости – 3 месяца.

8 ОХРАНА ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В дипломном проекте производится сравнение ПУ-изделий на фенолоформальдегидных смолах и на связке СФП+этиленгликоль. Данные производства являются пожароопасными, взрывоопасными, есть участки с повышенным содержанием пыли, повышенным уровнем вибрации и шума на рабочем месте. Применяемое оборудование имеет крутящиеся части и используется подъемно-транспортное оборудование.

В данном разделе рассмотрены требования, обеспечивающие безопасность работы, уменьшение травматизма, снижение отрицательного воздействия на окружающую среду, прогнозирование чрезвычайных ситуаций и уменьшение их последствий.

8.1 Охрана труда

Для производства периклазоуглеродистых изделий используются материалы, которые оказывают вредное влияние на человека.

По степени воздействия на организм человека связующее фенолоформальдегидное относится ко 2 классу опасности.

Фенольное связующее токсично, так как при переработке могут выделяться пары фенола, формальдегида и аммиака.

Формальдегид относится к протоплазматическим ядам, способным вызвать острые и хронические отравления, оказывает действие на слизистые оболочки глаз и дыхательные пути.

Предельно–допустимая концентрация формальдегида в воздухе рабочей зоны производственных помещений 0,05 мг/м^3. Формальдегид оказывает также общетоксическое, аллергическое и канцерогенное действие на организм человека.

Температура самовоспламенения 430 °С, концентрационные пределы распространения пламени паров 7–73 %.

Фенол – нервный яд, способный вызвать острые и хронические отравления. Фенол способен проникать внутрь организма через незащищенные участки кожи. Вдыхание паров фенола вызывает раздражение верхних дыхательных путей, а при длительном воздействии – общее отравление. При попадании на кожу обладает сильным прижигающим и раздражающим действием.

Предельно допустимая концентрация паров фенола в воздухе рабочей зоны производственных помещений 0,1 мг/м^3.

Температура вспышки фенола 790 °С. Температура самовоспламенения 595 °С, концентрационные пределы распространения пламени паров 1,52 – 8,76 %, температурные пределы распространения пламени – нижний 48 °С, верхний 83 °С.

При переработке фенольного порошкообразного связующего выделяется пыль. При вдыхании паров пыли возникают катары верхних дыхательных путей.

Предельно допустимая концентрация пыли 6 мг/м^3.

В состав ФФС входит уротропин. Уротропин оказывает сильное раздражающее действие на кожу, вызывает кожаные заболевания с сильным зудом, проходящие после прекращения соприкосновения с ним. Относится к 3

классу умеренно опасных веществ. Предельно допустимая концентрация пыли уротропина в воздухе рабочей зоны производственных помещений 9 мг/м^3.

Аммиак – газ, вызывающий раздражение верхних дыхательных путей, конъюнктивиты глаз. При больших концентрациях возможен отек легких, головокружение, боли в желудке.

Предельно–допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны производственных помещений 20 мг/м^3.

Температура самовоспламенения аммиака 650 °С, концентрационные пределы распространения пламени в воздухе 15–28 %(об).

Плавленый периклазовый порошок относится к веществам пожаро- и взрывобезопасным, по степени воздействия на организм человека – к веществам 4–го класса опасности ПДК – 4 мг/м^3.

Этиленгликоль ядовит, обладает наркотическим действием. При попадании внутрь может вызвать хроническое отравление с поражением жизненно важных органов (действует на сосуды, почки, нервную систему). Этиленгликоль может проникать через кожаные покровы. Предельно–допустимая концентрация этиленгликоля в воздухе рабочей зоны 5мг/м^3.

Этиленгликоль относится к 3 классу опасности. Из-за низкой упругости паров этиленгликоль не представляет опасности острых отравлений при вдыхании.

Этиленгликоль горюч. Температура вспышки паров – 120 °С. Температура самовоспламенения – 380 °С. Температурные пределы воспламенения паров в воздухе, °С: нижний –120, верхний – 124.

Порошкообразный алюминий относится к 4 классу опасных грузов. Вещество характеризуется повышенной пожароопасностью, взрывоопасен. Вступает в реакцию с водой, в том числе содержащейся в атмосфере, с выделением водорода, обладает токсическим действием на живые организмы даже в малой концентрации. Порошок алюминия и алюминиевая пудра допускаются к перевозке любыми видами транспорта (морским, железнодорожным, авиационным, автомобильным) с соблюдением правил упаковки, маркировки и транспортировки опасных грузов 4 -го класса. Запрещено перевозить совместно с жидкими веществами, другими опасными грузами.

Графит относится к веществам пожароопасным, по степени воздействия на организм человека – к веществам 4–го класса опасности. ПДК – 10 мг/м^3.

Производственные помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей чистоту воздуха, в котором содержание вредных веществ не должно превышать предельно допустимые концентрации.

Уборка запыленных участков и оборудования должна проводиться любым, не допускающим пыления способом.

Контроль над содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений осуществляется санитарно– технической лабораторией предприятия в соответствии с графикой и методиками, утвержденными в установленном порядке. При работе с вредными материалами рабочие должны иметь спецодежду и другие индивидуальные защитные средства и приспособления в соответствии с установленными нормативами.

Для рабочих предусматривают предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры.

При транспортировании и хранении вредных материалов должна быть обеспечена герметичность оборудования и транспортной тары, исключающая возможность попадания вредных веществ в окружающую среду.

Все производственные помещения должны быть обеспечены средствами пожаротушения в соответствии с табелем, утвержденным в установленном порядке. При загорании применять тонкораспыленную воду, пену и инертные газы.

При работе с вредными веществами необходимо выполнять следующие меры безопасности:

– приступать к работе только в спецодежде; – применение респираторов;

– не допускать к работе лиц, имеющих нарушения кожного покрова рук;

– не допускать попадания этиленгликоля внутрь организма;

– применение резиновых или латексных перчаток или защитных паст типа «Биологические перчатки»;

– организация воздухообмена в рабочем помещении и наличие местной вентиляции (аспирации);

– следить за постоянной работой вентиляционных установок, герметичностью оборудования и коммуникаций;

– соблюдать правила личной гигиены.

8.2 Охрана окружающей среды

Кроме вредного влияния на человека, производство периклазоуглеродистых изделий оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду.

Образование газообразных загрязнений характерно для различных процессов. Прежде всего, это такие химические реакции как окисление, восстановление, замещения и разложения.

Производство огнеупоров, их служба в печных агрегатах металлургической и других отраслей промышленности, их утилизация после службы связаны с отрицательным действием на окружающую среду. При обследовании технологических процессов производства огнеупоров оказалось, что только их малая часть удовлетворяет требованиям экологической безопасности. Т.е. выбросы в атмосферу и водоемы не превышали пределы допустимых концентраций (ПДК) или пределы допустимых выбросов (ПДВ) по всем нормируемым показателям – пыли и газов (оксиды азота и серы, оксиды углерода), взвешенным веществам, нефтепродуктам и т.д., а также по отсутствию отвалов.

Отходы производства периклазоуглеродистых изделий (осыпь с прессов, брак массы, доводки, прессования и термообработки) складируются в контейнеры, и автотранспортом перевозятся на отдельную площадку, дробятся и возвращаются в производство, поэтому производство данных изделий является практически безотходным [15].

Вопросы охраны окружающей среды связаны с загрязнением атмосферы и гидросферы производственными выбросами.

Технологическая линия производства периклазоуглеродистых изделий размещена на территории ООО «Группа «Магнезит». Вблизи прилежащей территории размешены цеха по производству огнеупорных материалов, которые имеют отработанную систему газоочистки и водоочистки. Для обеспечения санитарно–гигиенических условий труда рабочих на площадке предусмотрено:

– искусственное насаждение деревьев и кустарников;

– устройство газонов.

– в производственных и бытовых помещениях постоянно производится уборка. Бытовые отходы складируются в контейнеры и периодически вывозятся.

– Для поддержания чистоты воздуха в производственных помещениях проводятся следующие мероприятия:

– установлены аспирационные установки, снабженные рукавными фильтрами, для очистки воздуха от периклазовой пыли;

– в помещениях присутствует приточно-вытяжная вентиляция;

– в бункерах установлены местные отсасывающие устройства, из которых запыленный воздух по магистралям попадает в рукавные фильтры;

– осуществляется уборка осевшей пыли.

Контроль за соблюдением ПДВ и ПДС ведет общезаводская лаборатория и отделение по безопасности окружающей среды. Ежемесячно лабораторией берутся образцы почвы, воды, выбросов для проверки их на допустимые концентрации.

Очистка сточных вод. Огнеупорные предприятия, как правило, имеют раздельные системы оборотного водоснабжения по «чистому» и «грязному» циклам. «Чистые» оборотные циклы служат для потребителей, использующих воду на охлаждение оборудования, в процессе которого вода не загрязняется. «Чистый» оборотный цикл работает по схеме: нагретая вода, охлаждение на градирне, потребитель.

Для удаления из вод взвешенных веществ, применяют механические методы: отстаивание, фильтрование, осадку и др. Мелкодисперсные и коллоидные примеси удаляют с помощью коагулянтов и флокулянтов.

Удаление трудно осаждаемых частиц производят с помощью фильтров с сетчатыми элементами или зернистым слоем. В качестве фильтрующего материала в последних применяют кварцевый песок, дробленый гравий, коксовую мелочь, торф и т. д.

8.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций

На любом производстве есть вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Для защиты работающих предусмотрен комплекс мероприятий, чтобы не допустить неблагоприятного воздействия последствий ЧС.

Для защиты работающих в ЧС используются: эвакуация людей, укрытие в защитных сооружениях, использование средств индивидуальной защиты, а также средств медицинской профилактики.

Меры по предупреждению ЧС:

– составлен план по эвакуации персонала предприятия;

– имеется система оповещения о возникновении ЧС;

– пути эвакуации наиболее ценного оборудования;

– легковоспламеняющиеся жидкости хранятся в герметичных емкостях на безопасном от цеха расстоянии, согласно инструкции по хранению ЛВЖ.

Мероприятия по уменьшению вероятности появления чрезвычайных ситуаций проводятся по ГОСТ Р 22.0.01–94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения»:

–точное соблюдение требований технологического регламента производства;

–выполнение нормативных документов по обеспечению безопасности персонала в случае чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера в соответствии с федеральным законом РФ;

–повышение общей технической культуры персонала;

–профилактические мероприятия по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям.

Оказание медицинской помощи проводится в соответствии с ГОСТ Р 22.3.02.

При возникновении внешних чрезвычайных ситуаций, а также при организации и проведении аварийно–спасательных работ необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ Р 22.3.01, ГОСТ Р 22.3.03, ГОСТ Р 22.8.01, ГОСТ Р 22.9.02 – ГОСТ Р 22.9.05.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность на предприятии является одной из важнейших задач любого руководителя. Зачастую сам процесс организации пожарной безопасности вызывает массу затруднений.

Пожарная безопасность предприятия должна предусматривать:

– политику предприятия в области пожарной безопасности;

– организацию работ по пожарной безопасности;

– обязанности должностных лиц в области пожарной безопасности;

– обязанности ответственного лица за пожаробезопасность предприятия;

– обязанности служащих и рабочих;

– организация противопожарной подготовки специалистов, служащих и рабочих;

– основные требования пожарной безопасности.

Политика предприятия в области пожарной безопасности должна быть направлена на выполнение следующих задач:

– формирование системы пожарной безопасности, обеспечивающей эффективность мероприятий, направленных на предотвращение и ограничение распространения пожара;

– обеспечение объектов предприятия необходимыми средствами контроля, оповещения и пожаротушения;

– создание условий, направленных на соблюдение работниками требования пожарной безопасности и поддержания противопожарного режима;

– развитие компетентности администрации и работников в области пожарной безопасности;

– не допускать отклонений от стандартов, технических регламентов, принятой практики и процедур выполнения работ, которые могут привести к возникновению возгорания или пожара.

Здания производственных участков относятся ко II степени огнестойкости. Категория взрывопожаробезопасности помещения «Г». Здания оборудованы автоматическими средствами пожаротушения и пожарной сигнализацией.

Установка системы пожаротушения и насосной станции соответствует ГОСТ 12.4.009–85. «Пожарная техника для защиты объектов. Общие требования».

Для сигнализации устанавливаются извещатели пожарной сигнализации типа ИДР, реагирующие на дым. При пожаре автоматически отключаются приточные и вытяжные вентиляционные системы. Внутри помещения расположены пожарные краны, а также углекислые и пенные огнетушители. Принятые объемно–планировочные и конструкционные решения обеспечивают, в случае возникновения пожара, безопасную эвакуацию людей из помещений. Двери на пути эвакуации открываются наружу.

Все мероприятия по обеспечению пожаробезопасности соответствуют СНиП21–01–97«Пожарная безопасность зданий и сооружений» [3].

Объемно–планировочные и конструкционные решения приняты по СНиП 21–01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». В случае возникновения пожара безопасная эвакуация персонала из помещений осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004–91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

Все мероприятия по обеспечению безопасности соответствуют ГОСТ 12.2.037–78 «ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности» [3]:

– Уровень запыленности и содержание вредных веществ на рабочих местах соответствует нормам.

– Мероприятия по электробезопасности, проводимые в цехе, считать достаточными.

– Уровень шума в цехе удовлетворителен.

– Помещение цеха достаточно просторно, что создает хорошие условия для циркуляции воздуха и своевременного удаления тепла, влаги, вредных веществ.

– Освещение цеха считать достаточным.

– Мероприятия по пожаро- и взрывоопасности считать достаточными при условии постоянного контроля за исправностью средств, предупреждающих или борющихся против этих опасностей.

– Защита рабочих от последствий различных чрезвычайных ситуаций достаточно надежна.

Таким образом, в соответствии с запроектированными техническими и организационными мероприятиями на производстве обеспечиваются оптимальные, здоровые условия труда; исключаются чрезвычайные ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте рассмотрена технология производства ПУ-изделий на основе фенолоформальдегидной смолы с добавкой антиоксиданта металлического алюминия. Выявлена экономическая целесообразность предложенной технологи взамен технологии, базирующейся на применении СФП и этиленгликоля.

Для обеспечения заданной годовой производительности необходимо иметь сырье в следующем количестве, т/г: плавленый периклазовый порошок фракции 6–4 мм – 2933,15; плавленый периклазовый порошок фракции 4–1 мм – 18308,40; плавленый периклазовый порошок фракции 1–0 мм – 114433,94; плавленый периклазовый порошок т/м фракции – 4579,48; графит – 6864,46; ФФС – 1370,99 ;антиоксиданты – 457,00.

Для производства периклазоуглеродистых изделий требуется следующее оборудование: 2 пресса «Laies», 2смесителя «Eirich», 6 дозаторов ДПО, 1 дозатор ДЖУ, 6 бункеров, 1 бак, ленточные конвейеры, ПТС, мостовые краны, а так же вентилятор ВРК.

Термообработку периклазоуглеродистых изделий проводим в термопечи при температуре 250 °С. В качестве топлива используем природный газ северного месторождения, действительная температура его горения –$t_г$=1470 °С. Исходя из заданной годовой производительности 43 993 т/год по готовой продукции расход топлива составил 1320 305 кДж/ч, производительности термопечи $Р_{уд}$=0,61 т/$м^2$·сут.

Затраты на единицу продукции составили 65217,02руб. Цена единицы продукции 77 000 руб.Рентабельность продукции составила 18,08 %, т.е выбранное оборудование и вид используемого сырья соответствует нормативу рентабельности.

В результате проведенных мероприятий получена экономия по статьям себестоимости в размере 3 115 446,8руб., годовой экономический эффект от внедрения нового оборудования составил 3 115 459,55руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кащеев И.Д. Оксидноуглеродистые огнеупоры/. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2000 – 220с

2. Пивинский Ю.Е. Неформованные огнеупоры /Справочное издание в 2-х томах. Т.1, Книга 1 ,Общие вопросы технологии. – М. // Теплоэнергетик, 2003. – 400 с.

3. Аксельрод Л.М., Лаптев А.П. «Новые огнеупоры №11,2010 Оксидоуглеродистые огнеупоры производства ООО «Группа «Магнезит» в футеровки стали разливочных ковшей.

4. . Кащеев И. Д., Гришенкова Е.Е., Служба огнеупоров / Москва,2002.–320 с.

5. Технологическая инструкция ТИ 200–0–33–2005 – Сатка/К–т «Магнезит».– 45 с.

6. Ильевич А.П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров / учебник для вузов.– второе издание, перераб. – Москва: высшая школа 2008.– 329 с.

7. Ефременко В.В., Кондратьев Д.Г., Ручкин В.В. Разработка и изготовление технологического оборудования для производства огнеупорных материалов / Огнеупоры и техническая керамика, №1–2, 2011.–62с.

8. Патент № 4184883, США, C08L 075/03 Pitch bonded refractory / Hughes, et al., опубликовано 22.01.80.

9. Патент № 4454239, США, C04B 035/52 Carbonaceous refractory composition for pressing brick shapes / Cassens, Jr., опубликовано 12.06.84.

10. Патент РФ № 2148049,Чуклай А.М.; Гореев Н.Г.; Шатилов О.Ф.; Бибаев В.М.; Гущин В.Я.; Коптелов В.Н.; Фролов О.И.; Спесивцев С.В.; Елкина Т.Б./Открытое акционерное общество "Комбинат Магнезит"/Дата публикации: 27.04.2000.

11. Патент РФ №2068823,Семянников В.П.; Гельфенбейн В.Е.; Журавлев Ю.Л.; Гущин В.Я./Закрытое акционерное общество "Композит-Урал"/Дата публикации: 10.11.1996.

12. Патент РФ 2114799, Кабаргин С.Л.; Кузнецов Г.И.; Энтин В.И.; Карась Г.Е.; Шапиро Е.Я.; Родгольц Ю.С.; Аксельрод Л.М./Акционерное общество открытого типа "Санкт-Петербургский институт огнеупоров"/Дата публикации: 10.07.1998.

13. Викторов В.П., Автоматизация огнеупорного производства /Викторов В.П., – М.: Металлургия, 1996.– 443 с.

14. Инструкция по охране труда ИОТ–24–11–2007 / Сатка: К–т «Магнезит».2007.–24 с.

15. Тахаутдинов Р.С., Носов, А.Д., Дьяченко, В.Ф. Опыт эксплуатации периклазоуглеродистых футеровок конвертеров в ОАО ММК // Новые огнеупоры. – 2003. – №3. – 7–11 с.

16. Каплан С.Ф., Аксельрод Л.М., Коптелов В.Н. Теплопроводность углеродсодержащих огнеупоров // Новые огнеупоры. – 2003. – №6. – 46–49 с.

17. Маэда К., Накагава О., Минамибути Е. Оценка электропроводности и коррозионной стойкости магнезиальноуглеродистых огнеупорных изделий для

проводящей подины дуговой печи постоянного тока // Тайкабуцу. – 1995. – Т.47. №8. – 407–408 с.

18. Сизов В.И., Шатилов О.Ф., Коптелов В.Н. Перспективы обеспечения электроплавильного производства отечественными огнеупорами высокого качества // Сталь. – 1999. – №12. – 29–30 с.

19. Нагорный, А.П. и др. Опыт эксплуатации периклазоуглеродистых огнеупоров в рабочей футеровке конвертеров / А.П. Нагорный, И.Д. Буга, А.Б. Ковура, А.И. Кравченко, С.А. Нагорный // Огнеупоры и техническая керамика. – 1997. – №12. – 29 с .

20. Neuerugen bei feuerfestzustellungen fur den LD–Stahlbereich // Stahl und Eisen. – 1992. – Bd.112. №5. – 121–124 s.

21. Zhang W. Carbon containing composite refractories. – Beijing: Science Press, 1990. – 223 p.

22. Стрелов К.К., Кащеев И.Д. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / М.: Металлургия, 1996. – 608 с.

23. Akai S., Anan K., Takanaga S. Corrosion of MgO–C Bricks by Low–Basicity Slag // Journal of the Technical Association of Refractories, Japan. – 2001. –V. 21, № 3. – 217 p.

24. Овсянников В.Г., Воронина О.Б., Дьяченко В.Ф., Служба периклазоуглеродистых изделий в футеровки сталевыпускного канала 370–тонных конвертеров // Огнеупоры и техническая керамика . – 2002. – №1. – 7–9 с.

25. Сенников, С.Г. и др., Конвертерные огнеупоры фирмы «Майертон рефрактoрис» / С.Г. Сенников, В.Н. Жириков, Ю.А. Пузырев, В.П. Озерова, С.Н. Фокин, А.Д. Мазафаров, Г.А. Фарафонов, И.Д. Малышева, Р.М. Попонин, Э.А. Вислогузова, С.Ф. Одиноков // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – №11 – 47–51 с.

26. http://www.vibro–m.ru/catalog/products/asutp

27. Бочаров, Л. Д., Лузин, А.Г., Алфеева, В. Г., Марясев, И. Г. Классификация несоответствий продукции ОАО К–т«Магнезит»–Челябинск, 2003.–210 с.

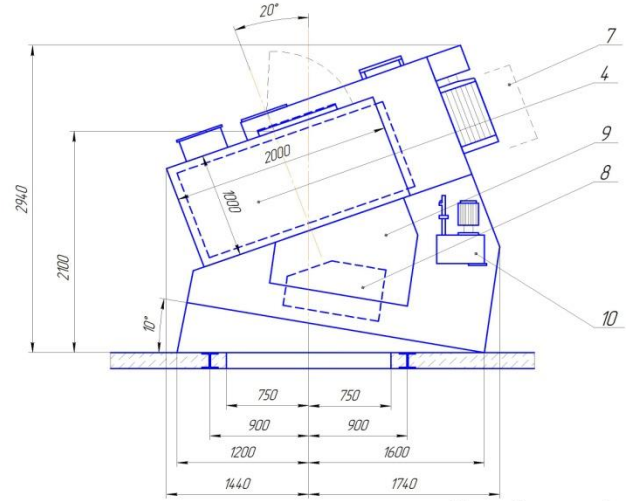
28. Кащеев И. Д. Оксидноуглеродистые огнеупоры / И. Д. Кащеев // - М.: «Интермет Инжиниринг». - 2000. - 265 с.

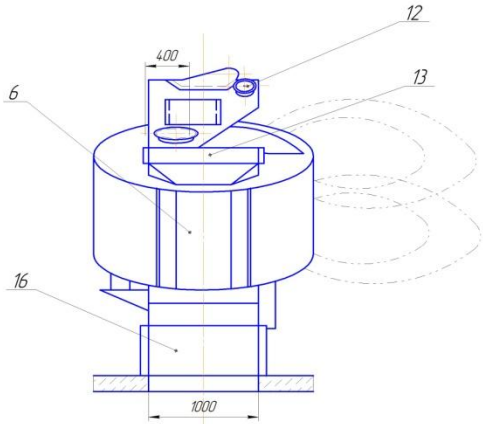
29. Бамбуров В. Г. Антиоксиданты в углеродсодержащих огнеупорах /В. Г. Бамбуров, О. В. Синцова, В. П. Семянников и др. // Огнеупоры и техническая керамика. - 2000. - № 2. - С. 2-5.

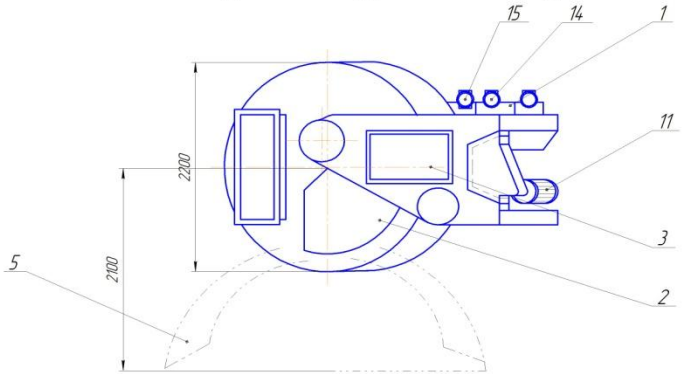
30. Борисенко О.Н. Влияние вида антиоксиданта и способа модифицирования графита на свойства периклазоуглеродистых огнеупоров / О. Н. Борисенко, Г. Д. Семченко, А. А. Муха и др. // Огнеупоры и техническая керамика. - 2009. - № 9. - С. 3-7.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Смеситель "Eirich RV-15"





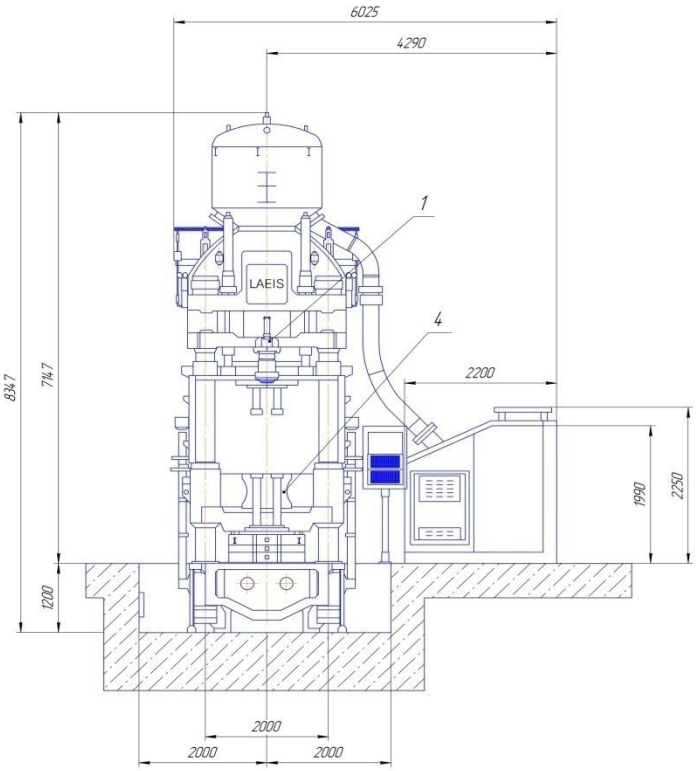


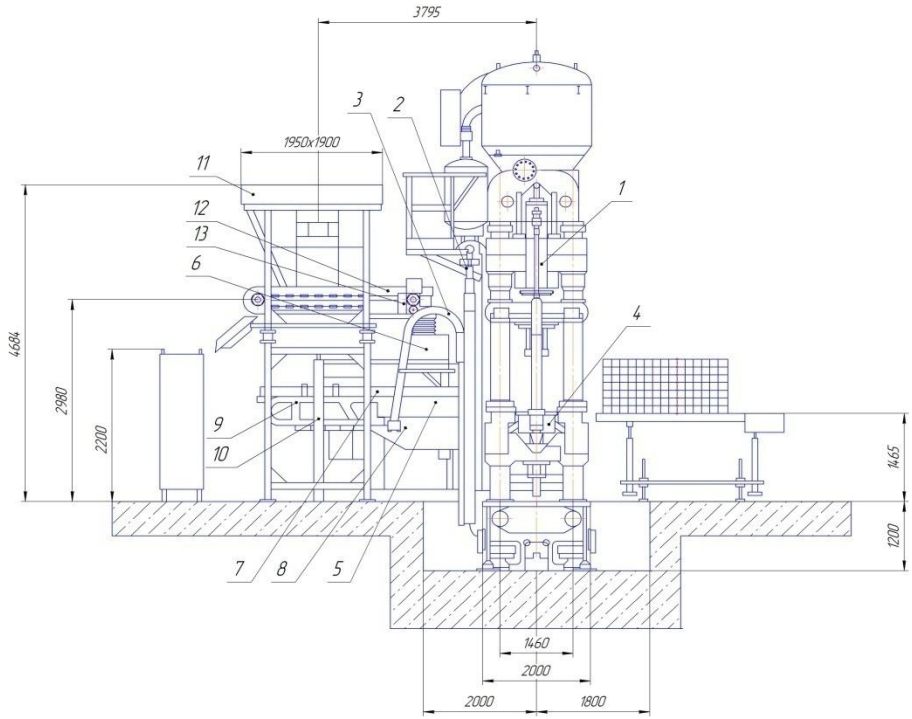
Поз	Наименование	Примечание
1	Коробка терминала	
2	Дверца пылевого кожуха	
3	Смотровая дверь	
4	Дверца емкости смесителя	
5	Дверца емкости в открытом положении	
6	Емкость	
7	Заслонка емкости в открытом положении	
8	Выпуск материала	
9	защитная крышка для привода разгрузки	
10	Устройство гидравлического питания	
11	Привод смесителя	
12	Воздушный клапан	
13	Желоб подвода сырья	
14	Разбрызгивающее устройство	
15	Автоматическая смазка	
16	Прокладка для наклона смесителя под углом 20 градусов	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Смеситель "Eirich RV-15"	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:20
Пров.						Лист	Листов 1	
Т.контр.						Филиал ВлГУ в г.Сатка ХиТТСиКМ		
Н.контр.								
Утв.								

Копировал Формат А1

ПРИЛОЖЕНИЕ





Характеристика	ед.изм.	Laies HBF-2500
Диаметр поршня пресса	мм	1000/970
Наминальное усилие пресса	мН	25
Наибольшее усилие выталкивания изделий	мН	3,2
Макимально используемая поверхность штампа	мм	1200x700
Высота засыпки	мм	500
Установочная мощность	кВт	180
Цикл прессования	сек	11
Габаритные размеры	мм	10450x834.7x6985

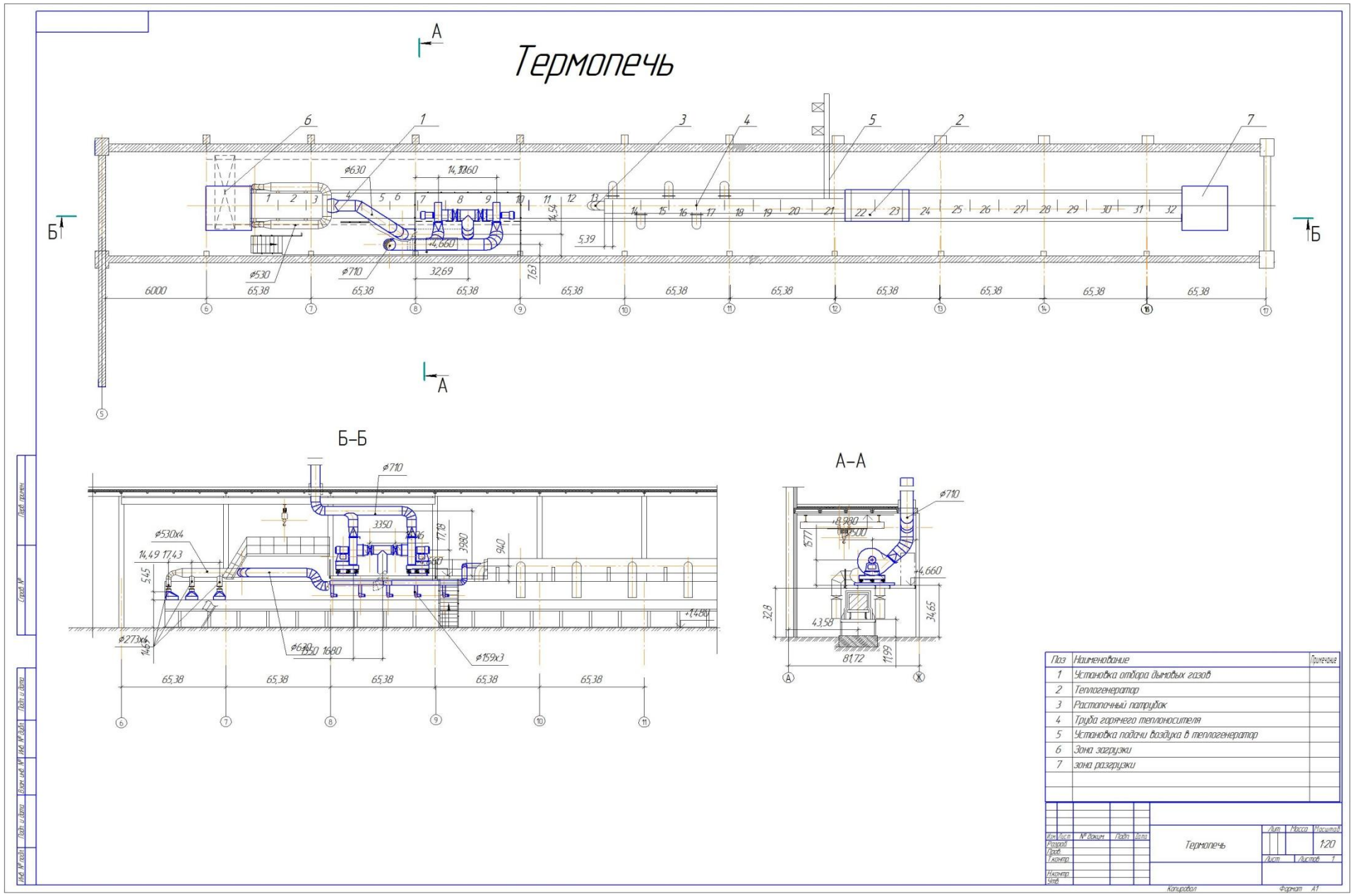
№	Наименование	Примечание
1	Прессующие головки	
2	Фиксатор-ограничитель	
3	Резиновые трубки	
4	Пресс-рама	
5	Силовой подвадчик смеси	
6	Дозатор	
7	Раздатчик	
8	Рама раздатчика	
9	Жесткое основание ленты подачи смеси	
10	Направляющая	
11	Рама приемного бункера смеси	
12	Транспортер смеси	
13	Приемная воронка дозатора	

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.			
Пров.			
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Копировал Формат А1

ПРИЛОЖЕНИЕ

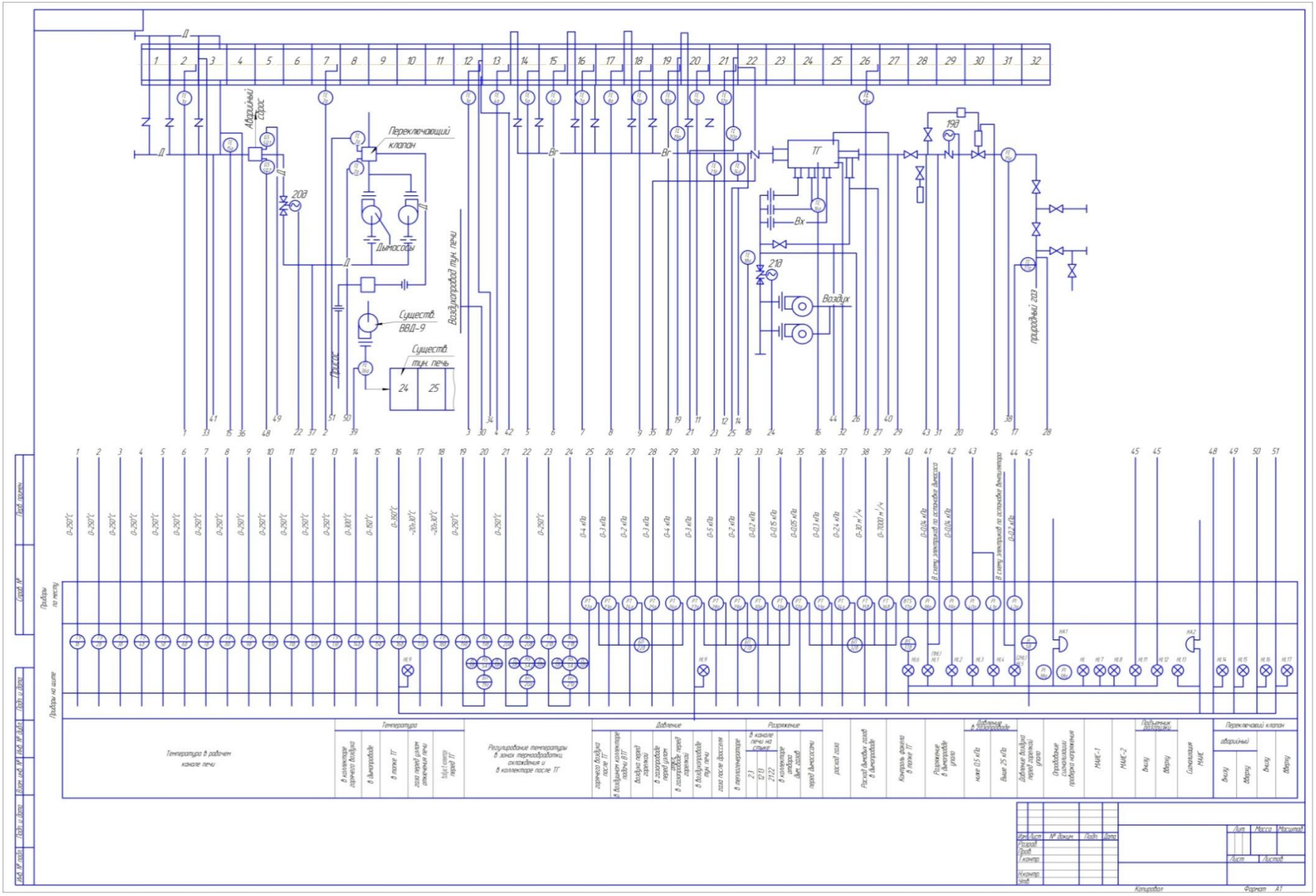


Поз	Наименование	Примечание
1	Установка отбора дымовых газов	
2	Теплогенератор	
3	Растопочный патрубок	
4	Труба горячего теплоносителя	
5	Установка подачи воздуха в теплогенератор	
6	Зона загрузки	
7	зона разгрузки	

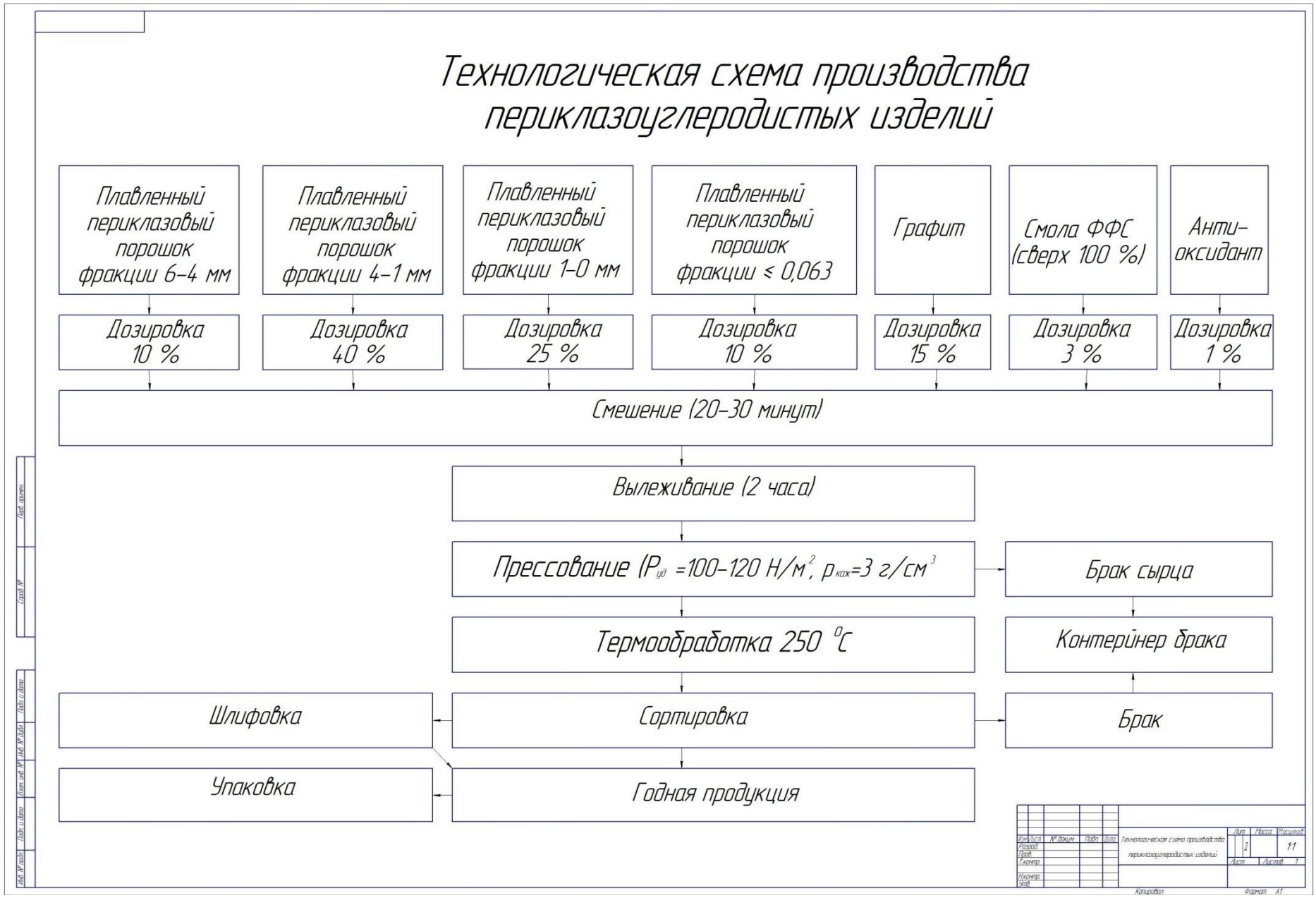
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Термопечь	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:20
Пров.						Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Копировал Формат А1

ПРИЛОЖЕНИЕ


Аварийный сброс
Переключающий клапан
Дымососы
Существ. ВВД-9
Существ. тун. печь
Воздухопровод тун. печи
Пропс
ТГ
Вх
Воздух
природный газ
Br
Приборы по месту
Приборы на щите
Температура
Давление
Разрежение
Перепад давления в газоходе
Расход
Переключающий клапан
Температура в рабочем канале печи
Регулирование температуры в зонах термообработки, охлаждения и в коллекторе после ТГ
Копировал
Формат А1

ПРИЛОЖЕНИЕ


Технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий
Плавленный периклазовый порошок фракции 6–4 мм
Плавленный периклазовый порошок фракции 4–1 мм
Плавленный периклазовый порошок фракции 1–0 мм
Плавленный периклазовый порошок фракции ≤ 0,063
Графит
Смола ФФС (сверх 100 %)
Анти-оксидант
Дозировка 10 %
Дозировка 40 %
Дозировка 25 %
Дозировка 10 %
Дозировка 15 %
Дозировка 3 %
Дозировка 1 %
Смешение (20–30 минут)
Вылеживание (2 часа)
Прессование ($P_{уд}$ =100–120 Н/м^2, $\rho_{каж}$=3 г/см^3
Брак сырца
Термообработка 250 °С
Контейнер брака
Шлифовка
Сортировка
Брак
Упаковка
Годная продукция
Технологическая схема производства периклазоуглеродистых изделий
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
Копировал
Формат А1

ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные технико-экономические показатели

Наименование показателей	Показатель
Годовой объем продукции, т	43 993
Фонд заработной платы с начислениями, руб	32 293 733,33
Рентабельность, %	18,07
Себестоимость, руб	65 217,02
Чистая прибыль предприятия, руб	30 766 701,44
Стоимость основных фондов. руб	2 869 092 308,30
Численность рабочих, чел	33
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,25
Фондоотдача	20,97
Фондоемкость	0,048
Фондовооруженность	2 844 377, 84

Основные технико-экономические показатели

Лит. | Масса | Масштаб 1:1

Лист | Листов

Копировал

Формат А1