Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт новых материалов и технологий

Кафедра технологии стекла

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ ПЕРЕД ГЭК

Зав. кафедрой _____
Шардаков Н.Т.
«_____»_____2022 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Проектирование производства стеклотары для игристых вин из стекла марки ЗТ-1

Руководитель:

Старший преподаватель

Нормоконтролер:

Студент группы

Екатеринбург
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт *новых материалов и технологий*
Кафедра *технологии стекла*
Направление подготовки *18.03.01 Химическая технология*
Образовательная программа *Технология высокотемпературных неметаллических конструкционных и функциональных изделий и наноматериалов*

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____
«____» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студентки _____группы
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема выпускной квалификационной работы Проектирование производства стеклотары для игристых вин из стекла марки ЗТ-1
Утверждена распоряжением по институту НМТ от «12» 01 2022 г. № 33.20-05/5

2. Руководитель Углинских Марина Юрьевна старший преподователь, к.х.н.
(Ф.И.О., должность, ученое звание, ученая степень)

3. Исходные данные к работе_
_____

4. Перечень демонстрационных материалов_____
_____

5. Календарный план

№ п/п	Наименование этапов выполнения работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
1.	*1 раздел*	до 03.06.2022	
2.	*2 раздел*	до 06.06.2022	
3.	*3 раздел*	до 08.06.2022	
4.	*ВКР в целом*	до 09.06.2022	

Руководитель _____ Углинских.М.Ю
(подпись)
Задание принял к исполнению 01.06.2022 _____
(подпись)

6. Выпускная квалификационная работа закончена 09 июня 2022 г.
считаю возможным допустить к защите его выпускной квалификационной работы в Государственной экзаменационной комиссии.
Руководитель_____ Углинских.М.Ю

(подпись)

7. Допустить к защите выпускной квалификационной работы в Государственной экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры №___ от 10 июня 2022 г.)
Зав. кафедрой _____ Шардаков.Н.Т

ВВЕДЕНИЕ.....7
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....9
1.1 Характеристика сырьевых материалов 9
1.2 Требования предъявляемые к стеклобою 12
1.3 Контроль качества сырьевых материалов 13
1.4 Описание технологического процесса 16
1.5 Функцианальная схема производства стеклотары……...19
1.6 Технологическая схема производства бутылок 19
2.Расчет шихты 20
3.Расчет производственной программы 20
3.1 Производственная программы цеха выработки 21
3.2 Расчет номинального фонда рабочего времени 21
3.3 Расчет производственной программы составного цеха 22
3.4 Заявка на транспорт 22
4.Расчет материального баланса.....24
5.Расчет складов хранения сырьевых материалов 24
5.1. Расчет площадей крытых механизированных складов 40
5.2. Расчет емкости и размер силосных складов 42
5.3. Расчет емкости и размеров расходных бункеров 44
6. Подбор и расчет основного оборудования составного участка 45
6.1 Расчет практической производительности оборудования 45
6.2 Расчет оборудования механизированного склада сырья 47
7. Подбор оборудования отделения подготовки сырьевых материалов 49
7.1 Расчет производительности ленточных транспортеров 49
7.2. Подбор и расчет сушильного оборудования 52
7.3 Подбор оборудования для контрольного просева 54
7.4. Подбор сепаратора 55
7.5. Подбор питателей 56

8. Подбор и расчет оборудования дозировочно-смесительного отделения.....57
8.1 Подбор и расчет автоматических дозировочных весов.....57
8.2 Подбор и расчет смесителей шихты.....58
8.3 Выбор и расчет стеклоформующего оборудования.....58
8.4 Расчет производительности и основных размеров стекловаренных печей..... 59
8.5 Выбор конструкций печей для отжига стекла.....60
8.6 Расчет складов готовой продукции.....62
9. Теплотехническая часть – стекловаренная печь.....63
10. Расчет температуры горения газа.....66
11. Расчет теплового баланса стекловаренной печи.....67

Введение

Производство стеклотары — банок, бутылок и прочих ёмкостей, — позволяет обеспечить необходимой посудой целый ряд отраслей хозяйства, прежде всего, пищевую и фармацевтическую. Процедура изготовления сводится к следующим этапам: получение стеклянного расплава; отливка ёмкостей определённой формы и объёма; закалка полученной продукции [1].

Стеклотара — это изделия из стекла, предназначенные для расфасовки, хранения, транспортировки, реализации продуктов питания и напитков. Преимуществами стеклотары являются: гигиеничность, прозрачность, не взаимодействует с продуктом, герметичность, разнообразие ассортимента [1].

Российский рынок стеклотары в последние годы стабильно развивается, хотя и не покрывает свои потребности. В настоящее время в РФ производится: стеклянной тары — более 6200 млн шт., узкогорлой тары — 5300 млн шт., широкогорлой тары — более 900 млн шт. Такой объем производства означает 7 % мирового уровня [2].

Основу любого стекла представляет собой кварцевый песок или диоксид кремния. При чем в смесь для будущего стекла попадает только отборный песок, очищенный от примесей железа и от малейших загрязнений, допускается около 2% примесей. От этого зависит прозрачность самого стекла [2].

Компоненты для придания особых свойств подбираются, исходя из желаемого эффекта, например добавляют оксиды титана или бария для придания термоустойчивости, и так далее. Вспомогательные вещества в большинстве своем представляют из себя осветители, обесцвечиватели и красители [2].

Современная стекольная отрасль — высокотехнологичное производство, выпускающее десятки разновидностей продукции [3]. Благодаря научно-техническому прогрессу, на мировой рынок регулярно поступают новейшие сорта и виды стёкол, обладающие улучшенными физическими и химическими характеристиками, и предназначенные для использования в самых разных отраслях [2].

1. Литературный обзор

Главный потребитель стекла в настоящее время — строительная индустрия. Больше половины всего вырабатываемого стекла приходится на оконное для остекления зданий и транспортных средств: автомашин, железнодорожных вагонов, трамваев, троллейбусов. Кроме того, стекло используют в качестве стенового и отделочного материала в виде пустотелых кирпичей, блоков из пеностекла, а также облицовочных плиток. Примерно треть производимого стекла идет на изготовление сосудов различного типа и назначения. Это прежде всего стеклянная тара — бутылки и банки. В большом количестве стекло расходуется на изготовление столовой посуды [2].

Стеклянную тару различают по размерам горла, цвету стекла, типу венчика, назначению и конфигурации. По размеру горла подразделяют на узкогорлую (с внутренним диаметром горла до 30 мм) и широкогорлую (с внутренним диаметром горла свыше 30 мм) тару. Узкогорлая тара (бутылки) используется, как правило, для разлива, хранения и транспортировки вина, водки, коньяка, пива, безалкогольных напитков, минеральных вод, ликеров, настоек, соков, шампанских вин и растительных масел [3].

Выпускают узкогорлую стеклянную тару вместимостью 50, 200, 250, 330, 500, 700 и 1000 мл. Вырабатывают ее из бесцветного, полубелого, темно-зеленого и оранжевого стекла в соответствии с ГОСТ 13906–91 и ГОСТ 10117–91 [4]. В бутылках из бесцветного стекла допускаются слабые цветные оттенки: зеленоватый, голубоватый, желтоватый и сероватый. В бутылках из полубелого стекла допускаются зеленоватые, голубоватые и желтоватые оттенки [3].

Широкогорлая стеклянная тара (банки и бутыли) предназначена для розлива молока и молочных продуктов, расфасовки консервированных продуктов, подлежащих герметичной упаковке, хранению и транспортировке. Вырабатывают широкогорлую тару в соответствии с ГОСТ 5717–81 вместимостью от 100 до 10 000 мл из прозрачного и полубелого стекла [4].

Рекомендуемое применение различных видов стеклянной тары приведено в табл.1. К стеклянной таре относится также ряд других изделий, используемых для расфасовки, хранения и транспортирования химических реактивов – бутыли, посуда для хранения и отпуска медикаментов (узкогорлые материальные и рецептурные склянки), посуда для парфюмерной продукции (узкогорлая и широкогорлая тара для духов, одеколонов, парфюмерных паст) [5].

Классификация стеклотары для пищевых продуктов:

- узкогорлая (Из бесцветного стекла: бутылки для разлива высших сортов водки и коньяка; бутылки фигурные: № 1 для разлива ликеров, № 2 для разлива наливок и настоек; «Охотничья» – для разлива горьких настоек и «Вишневая» – для разлива наливок и настоек. Из бесцветного или полубелого стекла: бутылки для жидких консервированных продуктов; бутылки для разлива водочных изделий, безалкогольных продуктов, растительных масел. Из темно-зеленого стекла: бутылки для разлива виноградных, плодово-ягодных и шампанских вин. Из оранжевого или темно-зеленого стекла: бутылки для разлива пива и минеральных вод) [5];

- широкогорлая (Из бесцветного или полубелого стекла: бутылки для разлива пастеризованного молока и молочных продуктов; банки для разлива простокваши; бутылки широкогорлые для консервов; банки, бутылки и стаканы для консервов).

По своему назначению стеклянная тара разделяется на:

- банки, бутылки и бутыли для герметичной укупорки консервированных продуктов;

- банки, склянки, бутылки, трубки и ампулы для хранения и отпуска медикаментов;

- бутыли и банки для химической продукции;

- бутылки для пищевых жидкостей, а также для винно-водочных изделий;

- флаконы для парфюмерной продукции: духов, одеколонов и т.п.

По цвету, форме, основным размерам, емкости, весу и допускаемым отклонениям стеклянная тара должна изготовляться в соответствии с требованиями ГОСТ, ОСТ, ТУ на каждый отдельный вид тары. Качество стеклянной тары находится в прямой зависимости от качества стекла, его выработки, термической и механической обработки. Стекло должно быть хорошо проваренным, однородным и не иметь пороков, быть химически стойким, не переходить в содержимое тары и не портить его качества, быть достаточно прозрачным для возможности просмотра содержимого тары [5].

В зависимости от физико-химических свойств продукции, для которой предназначена стеклянная тара, в целях предотвращения влияния света на содержимое стекло должно быть окрашено в защитные цвета – оранжевый, темно-зеленый [6]. Существует огромное разнообразие форм стеклянной тары; тем не менее, все основные элементы стеклянной тары должны соответствовать ГОСТ по форме и размерам. На рис 1.1 приведен пример гостированных размеров на один из образцов стеклотары [7].

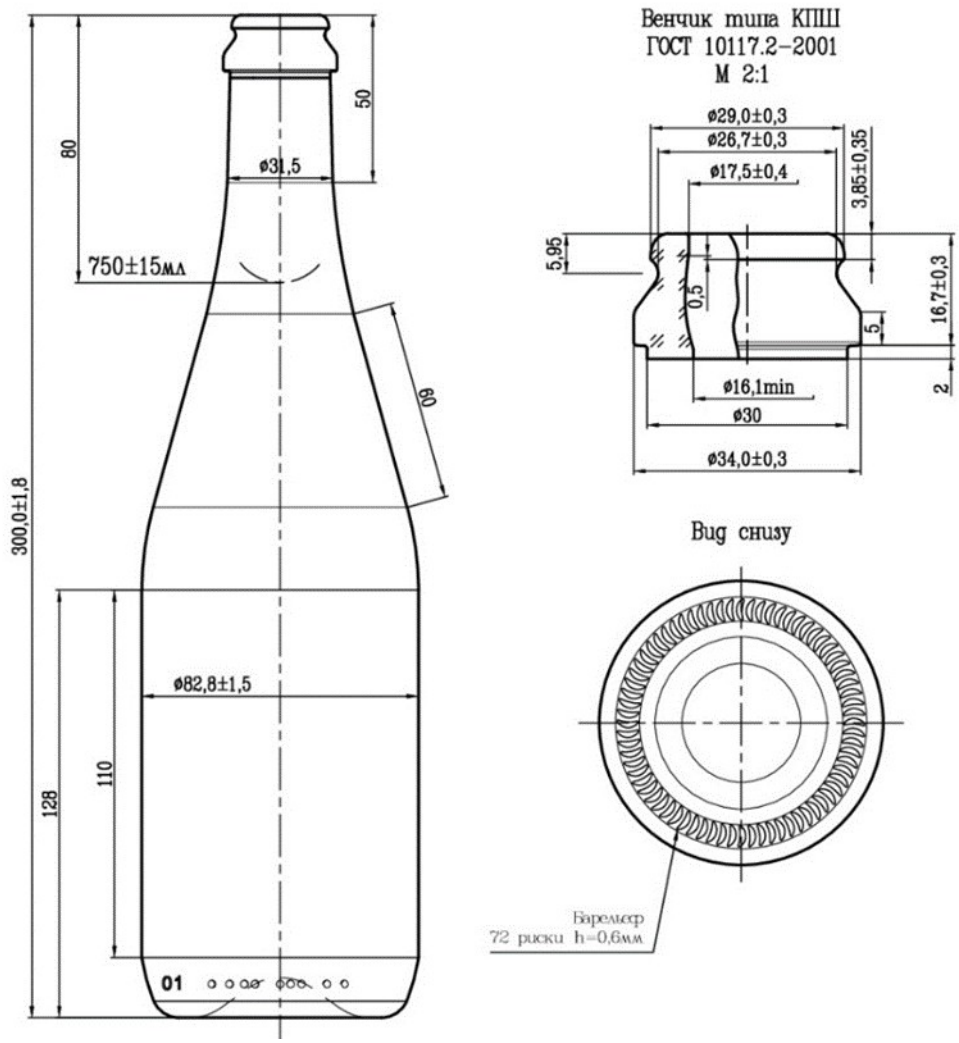


Рисунок 1.Error: Reference source not found1 – Образец чертежа бутылки

Облегчение веса, соответственно приведет к снижению транспортных издержек и конечной себестоимости товара.

1. Технические требования по ГОСТ 32131-2013
2. Номинальная вместимость – 750 ± 15 мл на расстоянии 80 мм от торца венчика
3. Полная вместимость (справочно) – 785 мл.
4. Масса рекомендуемая 640 г.
5. Минимальная толщина стенки – 2.1 мм минимальная толщина дна – 4.0 мм.

6. Венчик тип КПШ по ГОСТ 10117.2-2001

Характеристика проектируемого производства

Производство стеклянной тары марки «3Т-1» характеризуется следующими параметрами:

- Проектная мощность производства 64000 т/год стеклотары или 8 600 тыс. шт. бутылок для игристых вин;
- Производительность стекловаренной печи 235 т/сут;
- Удельный съем стекломассы 1500 кг/м^{2}сут.

Химический состав стекла марки «3Т-1»

Химический состав выбранного стекла представлен в таблице №1.

Таблица 1 Химический состав стекла марки «3Т-1»

Компонент	Мас. %
SiO_2	72,2
Al_2O_3	2,2
Fe_2O_3	0,2
K_2O	1,5
Na_2O	12
CaO	9,5
MgO	2,2
Cr_2O_3	0,2

1.1 Характеристика сырьевых материалов

Сырьевые материалы – исходные компоненты стекольной шихты.

Все сырьевые материалы, применяемые для варки стекла, в зависимости от их назначения можно разделить на основные и вспомогательные.

К основным (стеклообразующим) сырьевым материалам относятся такие, при помощи которых в состав стекла вводят кислотные (SiO_2, B_2O_3, Al_2O_3), щелочные (Na_2O, K_2O, Li_2O) и щелочноземельные (CaO, MgO, BaO, ZnO, PbO) оксиды;

Вспомогательные сырьевые материалы вводят в состав шихты для изменения тех или иных свойств стекломассы. К ним относятся вещества, создающие восстановительную или окислительную среду в шихте, расплаве, которые ускоряют стеклообразование и обесцвечивание стекломассы, а также окрашивают стекло.

При приготовлении шихтовой смеси важно соблюдать пропорции между сырьевыми материалами, чтобы полученное стекло было удовлетворительного качества и не было отправлено на переплавку. Для этого на стекольных заводах существует специальное дозировочное оборудование.

При выборе материалов необходимо учитывать их химический и гранулометрический составы. Пороки стекла так же могут возникнуть из-за ошибок в составе шихты.

Химический состав сырьевых материалов должен быть постоянным. В составе стекла допускается только незначительное количество добавок и загрязнений.

Гранулометрический состав сырьевых материалов должен быть тоже строго определенным. Более мелкие размеры зерен, т. е. мелкозернистое сырье, позволяют улучшить гомогенизацию шихты и сократить процесс плавления, т.к. из-за увеличения удельной поверхности реакции могут

протекать быстрее. С другой стороны, тонкоизмельченное сырье ведет к увеличению потерь вследствие пыления, и газы, абсорбированные на поверхности, в процессе варки легко образуют пузырьки в стекломассе. Напротив, зерна слишком большого диаметра затрудняют скорость реакций в расплаве. Поэтому размер зерен сырья, используемого для производства стекла, должен быть в пределах 0,05-0,5 мм. Важно также, чтобы используемые виды сырья имели одинаковые размеры зерен, т.к. при изготовлении шихты может начаться расслоение.

Многие требования, предъявляемые к стекольному сырью, могут быть легко выполнимы при использовании синтетических сырьевых материалов. Но их применение очень дорогостоящее и поэтому используется для высококачественных специальных стекол. При изготовлении других видов стекла по экономическим причинам преимущество отдается естественному сырью.

Для приготовления шихты в производстве зеленого стекла марки ЗТ-1 используются следующие сырьевые материалы: кварцевый песок марки

доломит кусковой марки ДК-19-0,05, карбонат калия (поташ) чистый, сода кальцинированная техническая, краситель – оксид хрома ГОСТ 3776-78.

Кварцевый полевой шпат. Основным материалом для ввода в стекло диоксида кремния (SiO_2) и оксида алюминия (Al_2O_3) является кварцевый полевой шпат. Обогащенные кварц-полевошпатовые материалы должны соответствовать требованиям стандарта ГОСТ 13451-77. Кварц-полевошпатовые материалы по физико-химическим показателям должны соответствовать нормам, указанным в табл. 2 и 3, ГОСТ 13451-77.

Поставки кварцевого полевого шпата производятся с обогатительного комбината по железной дороге навалом в хоппер-вагонах. Вагоны-хопперы с разгружаются гравитационно в приемные бункеры под железной дорогой. С помощью вибропитателей песок поступает на ленточный конвейер с магнитным сепаратором. Затем элеватором подается на вибрационное сито.

Просеянный песок через промежуточный бункер с помощью вибрационных питателей подается на магнитные сепараторы и системой элеватор-конвейеры в силосы ДСО на хранение.

Доломит. В качестве сырья для введения в стекло оксидов магния и кальция применяется доломит кусковой марки ДК-19-0,05. Кусковой доломит должен соответствовать требованиям стандарта ГОСТ 23672-79 и нормам, указанным в табл.1, ГОСТа 23672-79. Допускается массовая доля влаги в кусковом доломите всех марок с 1 апреля по 1 июня и с 1 сентября по 1 ноября не более 9%.

Колебания массовых долей окиси кальция и окиси магния между партиями, должны быть не более 0,75%. В доломите не допускается наличие посторонних примесей, видимых невооруженным глазом. Проход через сетку N01K должен быть не более 10%.

Оксид хрома. Оксид хрома (VI) должен быть изготовлен в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 3776-78 по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке. По химическим показателям оксид хрома (VI) должен соответствовать нормам, указанным в табл.1, ГОСТа 3776-78.

Поташ. Углекислый калий (поташ), который представляет собой порошок или комочки белого цвета, легко растворим в воде, гигроскопичен, нерастворим в спирте и эфире. Углекислый калий должен быть изготовлен в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 4221 по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке. По химическим показателям должен соответствовать нормам, указанным в табл.1, ГОСТа 4221.

Сода. Основным материалом для ввода в стекло оксида натрия (Na_2O) является сода кальцинированная (Na_2CO_3). Углекислый натрий, представляющий собой белый зернистый порошок, легкорастворимый в воде. Углекислый натрий должен быть изготовлен в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 83 по технологическому регламенту.

1.2 Требования предъявляемые к стеклобою

Процесс сбора и транспортировки бракованной стеклотары полностью механизирован. Стекломасса от провала капли попадает на грануляцию в конвейер-гранулятор, куда также сбрасывается не отформованная бутылка. Далее ленточным наклонным конвейером стеклобой подается на дробление. После дробления стеклобой поступает в отсек промежуточного хранения, откуда погрузчиком транспортируется в приемный бункер бесцветного стеклобоя.

Отбракованная бутылка от участка контроля и сортировки ленточным конвейером подается на дробление и затем в железобетонный отсек, предназначенный для промежуточного хранения стеклобоя. Стеклобой из отсека погрузчиком транспортируется в приемный бункер бесцветного стеклобоя.

Из приемного бункера с помощью вибропитателя и ленточного ковшового элеватора стеклобой поступает в бункер хранения собственного стеклобоя.

1.3 Контроль качества сырьевых материалов

Входной контроль сырьевых материалов и стеклобоя осуществляют: химическая лаборатория, контролер ОТК.

Задачами входного контроля являются:

- проверка наличия сопроводительной документации на сырьевые материалы и стеклобой, удовлетворяющей их качество;

- контроль соответствия качества поступивших материалов и стеклобоя требованиям нормативной документации.

Сырьевые материалы принимают партиями. Контролер отдела качества или лаборант химического анализа регистрирует поступление сырья в журнал учета, проверяет наличие сопроводительной документации (накладную, сертификат или паспорт), соответствие договору на поставку, качество сырья (по внешнему виду), состоянию упаковки и качеству маркировки.

Отобранные средние пробы поставляются в лабораторию для анализа. Порядок отбора проб сырья определен нормативной документацией на каждый вид сырья и утвержден в технологическом регламенте изготовления стеклянной тары.

Анализ отобранных проб сырья и покупного стеклобоя проводит химическая лаборатория согласно ГОСТам и ТУ на конкретное сырье. Для оперативного контроля допускается применение других аттестованных методов и испытаний, имеющих значения показателей точности не ниже стандартизованных.

После проведения анализа начальник лаборатории совместно с контролером по качеству сырья дают разрешение на использование сырья в производстве в виде рецепта шихты. До окончания анализа не разрешается использовать сырье в производстве.

1.4 Описание технологического процесса

Сырьевые материалы поступают на завод автотранспортом, а кварцевый песок в вагонах-хопперах по железнодорожной дороге, проходящей вдоль его внешней стены. На заводе обеспечен запас шпата, соды, доломита, поташа и оксида хрома для работы в течение 30 дней.

Из склада материалы попадают в подготовительные цеха, где подвергаются следующим видам обработки:

По линии песка: песок подвергается сушке, затем по элеватору он направляется в сито-бурат, в котором происходит просев песка ситом №08. После чего песок, прошедший через сито под силой гравитации, попадает в бункер для хранения. Не отвечающий требованиям песок отправляется в отвал для дальнейшей его реализации и собственных нужд. С бункера подготовленный песок поступает на взвешивание, затем по транспортерной линии движется в смесительный цех.

По линии доломита: куски доломита поступают в дробилку, после дробления по конвейеру движется в сушильный барабан, сушка доломита осуществляется при температуре, не превышающей 4000. Высушенный доломит поступает в мельницу для помола, затем по элеватору попадает в сито-бурат для контрольного просеивания используют сито №09. Далее доломит попадает в бункер для хранения. С бункера подготовленный доломит поступает на взвешивание и по транспортерной линии в смесительный цех.

По линии соды и поташа: они поступают в готовом виде (в мешках). Их просеивают через сито №1.1. С бункера подготовленная сода и поташ поступают на взвешивание и по транспортерной линии в смесительный цех.

Оксид хрома поступает в готовом виде, в банках. Технолог или ответственный персонал вручную добавляют необходимое количество в смеситель шихты.

С помощью компьютера обеспечивается управление транспортным потоком сырья дозировочно-смесительного отделения, а также участка

обработки привозного и собственного стеклобоя. Время обработки одного цикла приготовления шихты – 150-240 секунд.

Из силосов сырьевые материалы поступают на дозировочные комплексы, где отвешиваются в соответствии с рецептом шихты. После проверки дозатора и пуска системы в работу начинается дозирование сырьевых материалов на движущуюся ленту сборочного конвейера.

Из цехов подготовки материалы через автоматические весы попадают на ленточный транспортер, который ведет в цех смешивания материалов. Затем подготовленная шихта по элеватору поступает в бункеры для хранения. Из бункера хранения шихта через роторные загрузчики попадает в печь. Для равномерной подачи шихты по всей ширине печи используют несколько загрузчиков. Для поддержания постоянного уровня стекломассы с точностью до загрузчики работают в автоматическом режиме и связан с уровнемером в выработочной части печи.

Варка в печи осуществляется автоматически. Основными параметрами автоматического управления режимом стекловаренной печи являются: количество и отношение расходов топлива и воздуха, температура газа и воздуха в регенераторах, давление и состав газа в печи, постоянство уровня стекломассы. Автоматическое управление работой стекловаренной печи позволяет повысить качество стекломассы, увеличить выпуск изделии, снизить их себестоимость.

Важнейшим признаком нормальной работы стекловаренной печи является постоянство положения границ шихты и пены. Это обеспечивается соблюдением контрольных параметров режима работы печи: максимальной температуры, общего расхода топлива и по зонам, температуры верхнего строения по длине варочной части печи, производительности печи по съемам стекломассы. Зона варки должна быть симметричной относительно продольной оси ванной печи. Смещение зоны варки в ту или другую сторону относительно этой оси - «перекос» - служит признаком нарушения нормальной работы печи. «Перекосы» зоны варки вызываются в основном

неравномерным расходом топлива по сторонам печи, неодинаковой тягой с левой и правой сторон печи, а также нарушением питания шихтой и боем по фронту загрузки. Результатом таких нарушений является понижение температуры в области перекоса. Для устранения перекоса допускается уменьшение подачи шихты и увеличение подачи боя на сторону печи, имеющую пониженную температуру. Появление в зоне варки следов расплавленного щелока (сульфата натрия) или обильной пены не допускается, так как это свидетельствует о нарушении температурного и газового режимов, неправильном соотношении или плохом смешивании сульфата натрия и угля. При появлении большого количества пузырей в области чистого зеркала и за последней парой горелок принимают меры по нормализации съема стекломассы, границ шихты и пены, расхода топлива и воздуха по зонам печи, давления газовой среды, соотношения сульфата натрия и восстановителя в шихте. Кроме этого, следует проверить правильность измерения температуры и провести анализ отходящих газов. Местные выделения пузырей, образующихся вследствие разрушения огнеупоров, устраняют установкой холодильников, а появление большого количества пузырей в разных местах печи - нормализацией температурного и газового режимов.

Подготовка стекломассы к формованию - один из важных и сложных процессов стекольного производства. При подготовке стекломассы к формованию должны быть обеспечены необходимая вязкость стекломассы, ее химическая и термическая однородность. Формирование стеклоизделий происходит механизированным способом сжатым воздухом на стеклоформующих автоматах. Выдувание изделий осуществляется в черновой форме, производится дном вверх, а в чистовой форме - дном вниз. Чтобы выдуть стекломассу требуется давление воздуха 5-15 Па.

Отжигом называется такая термическая обработка стеклоизделий, при которой внутренние остаточные напряжения удаляются или уменьшаются до допустимых пределов, зависящих от назначения изделий и условий их эксплуатации. При отжиге проводится регулируемое охлаждение изделий от

температуры формования до температуры цеха. Режим отжига стеклоизделий зависит от состава и свойств стекла, размеров и толщины стенок изделий.

Стеклянную тару после выхода из печи отжига осматривает сортировщик, который отбирает бой и брак. Основанием для сортировки стеклянной тары являются государственные стандарты и технические условия. Для удобства сортировки и наглядности подбирают эталоны отдельных видов пороков.

Всю бракованную стеклянную тару обращают в бой. Годную стеклянную тару передают по конвейеру печи отжига для калибровки по овалу венчика горла. Венчик горла промеряют калибрами. Кроме промеров по овалу венчика горла периодически проверяют с помощью высотного калибра высоту изделия и его перекос. Кроме сортировки и калибровки стеклянную тару испытывают на испытательной станции или в цеховой лаборатории.

При испытании проверяют:

- термостойкость в пределах перепада температур, установленного государственным стандартом;
- сопротивление внутреннему давлению (с помощью гидравлического пресса);
- механическую прочность (раздавливание на рычажном прессе);
- распределение стекла в изделии (путем измерения специальными щупами толщины стенок и дна);
- качество отжига стеклянной тары (с помощью полярископа или поляриметра);
- массу;
- полную вместимость по массе или объему залитой воды.

Кроме того, проверяют предельные диаметры горла, диаметр корпуса, высоту изделий и наличие перекоса, радиусы закруглений венчика горла и корпуса, общий сдвиг венчика горла относительно корпуса. ОТК и испытательная станция проверяют работу сортировщиков и калибровщиков, состояние калибров у калибровщиков, качество изделий, выпущенных машиной после полной смены форм, проводят контрольную разбраковку

изделий с конвейера печи отжига. Конструкции применяемых автоматических контрольных устройств позволяют контролировать основные размеры изделий: максимальный и минимальный внутренний и внешний диаметры горла, высоту изделия и его горловой части, толщину стенок и дна и др.

Компактная упаковка в пакеты-поддоны. Изделия (бутылки) устанавливают плотно друг к другу, между горизонтальными рядами помещают картонные или пластмассовые прокладки. Высота укладки изделий на один поддон составляет 1,1-2 м. Высота укладки, а также размеры поддонов определяются характером транспортирующих средств, размерами складских помещений, видом отгрузки и т.д. Наиболее распространены поддоны размерами 1,2х0,8 м. На верхний ряд изделий кладут жесткую крышку, после установки верхней крышки на пакет надевают рукав из термоусадочной полиэтиленовой пленки. Нижнюю часть рукава по всему периметру жестко крепят к деревянному поддону, а верхнюю часть обрезают с небольшим припуском, чтобы полностью закрепить изделия сверху. Образованный таким образом пакет помешают на 3 минуты в печь. Полиэтилен при этом сжимается, образуя жесткий пакет. Пакеты-поддоны с помощью автопогрузчиков вывозят на склады готовой продукции или грузят в транспортирующие средства.

1.5 Функциональная схема производства стеклотары

Из-за небольшого содержание Cr_2O_3 для данной схемы не представлен, так как он берется готовый в качестве красителя.

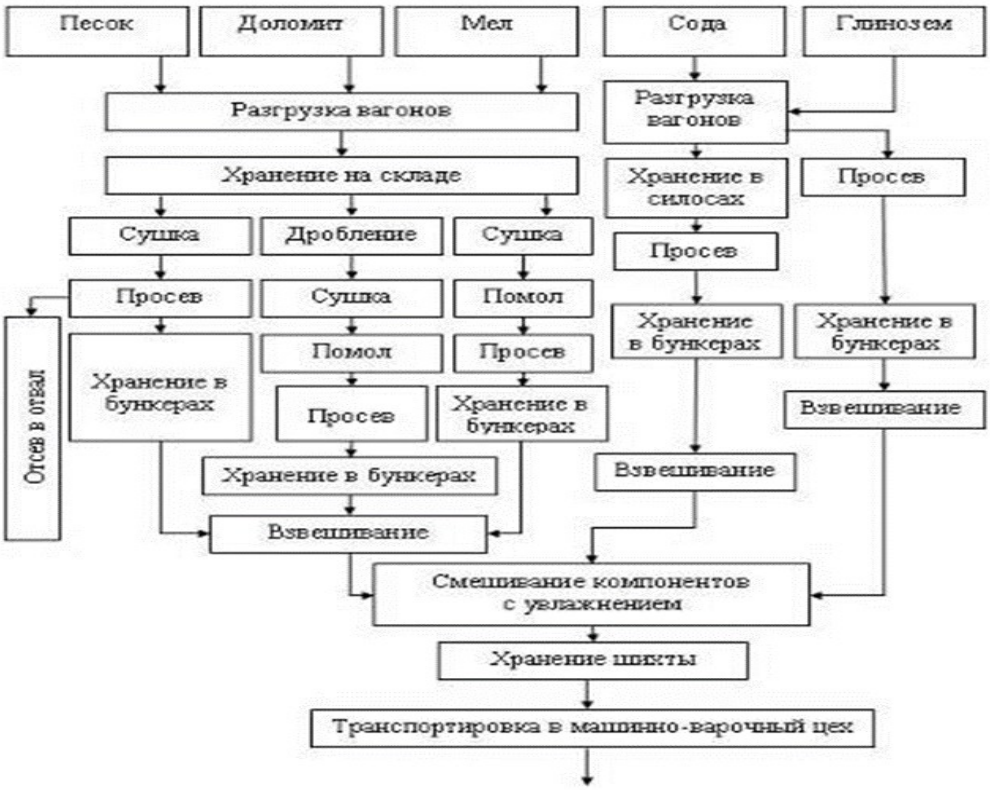




Рис 1.5 Функцианальная схема производства

1.6 Технологическая схема производства

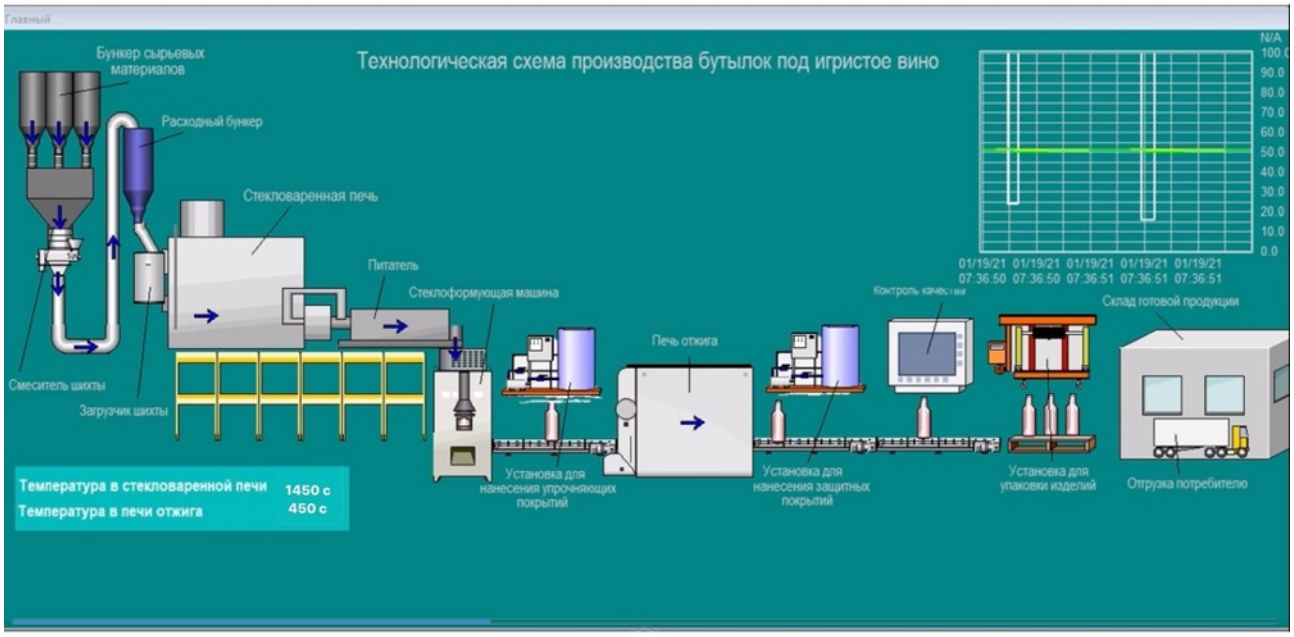


Рисунок 1.6 Технологическая производства бутылок под игристое вино

2. Расчет шихты

Таблица 2.1 - Заданный химический состав стекла

Компонент	%	Сырьевой материал
SiO_2	72,2	Кварцевый песок
Al_2O_3	2,2	Глинозем
Fe_2O_3	0,2	-
K_2O	1,5	Поташ
Na_2O	12	Сода
CaO	9,5	Доломит, мел
MgO	2,2	Доломит
Cr_2O_3	0,2	Оксид хрома
Σ	100	-

Таблица 2.1 - Сырьевые материалы

Наименование материала	Обозначение документа	Масс.доля основного вещества m, % не менее	Марка	Массовая доля красящих и прочих примесей, %						Масс.доля потерь при прокаливании, %, не более
				$Fe \cdot 10^5 (Fe_2O_3)$	$Mn \cdot 10^5$	$Cu \cdot 10^5 (CuO)$	$Cr \cdot 10^5 (Cr_2O_3)$	$Ni \cdot 10^5 (NiO)$	$Co \cdot 10^5 (CoO)$	
Песок	ГОСТ 22551	98,0	ПБ-150-1	15000	-	-	-	-	-	3,0
Глинозем	ГОСТ 6912	98,0	Г-0	5000	-	-	-	-	-	0,6
Поташ	ГОСТ 4221	99,0	Ч.д.а	100	-	-	-	-	-	-.
Сода	ГОСТ 83	99,8	Ч..	100	-	-	-	-	-	0,5
Мел	ГОСТ 17498	98	МК1	30000	-	-	-	-	-	-
Доломит	ГОСТ 23672	18	ДК-18-0,4	40000	-	-	-	-	-	-
Оксид хрома	ГОСТ 2912	99	ОХП-1	-	-	-	-	-	-	-

Поташ, K_2CO_3:

$$K_2CO_3 \longrightarrow K_2O + CO_2$$

$M_{K_2CO_3} = 138$ г/моль, $M_{K_2O} = 94$ г/моль

$$X_{K_2O} = \frac{98 * 94}{138} = 66{,}8\ \%$$

Сода, Na_2CO_3:

$$Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2O + CO_2$$

$M_{Na2CO3} = 106$ г/моль, $M_{Na2O} = 92$ г/моль

$$X_{Na2O} = \frac{99{,}8 * 92}{106} = 86{,}6\ \%$$

Мел, $CaCO_3$:

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2 \uparrow.$$

XCaO = (MCaO * 98) / (MCa2CO3) = (56,08 * 98) / 100,09 = 55 %

Таблица 2.2 - Поправочные коэффициенты

Компонент стекла	Поправочный коэффициент	Примечание
K_2O	1.12	-
Na_2O	1,032	Через соду
Остальные	1.00	-

Таблица 2.3 - Химический состав сырьевых материалов с учетом диссоциации солей

Сырьевой материал	Заданные оксиды							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Cr_2O_3
Песок	98	1,5	0,15					
Глинозем		98	0,05					
Поташ			0,001	66,8				

Сода			0,001	86,6		
Мел			0,3		55	
Доломит	5	2,5	0,4		34	18
Оксид хрома						99

Расчет компонентов шихты на 100 мас. ч. стекла:

Количество MgO в стекле:

$$M = (2,2 * 1 * 100) / 18 = 12,23 \text{ мас.ч.}$$

С вычисленным количеством доломита в стекло вводится:

$$A_{введ} = 12,23*(34 / 100) = 4,1582 \text{ \% CaO}$$

$$A_{введ} = 12,23*(5 / 100) = 0,6115 \text{ \% } SiO_2$$

$$A_{введ} = 12,23*(2,5 / 100) = 0,30575 \text{ \% } Al_2O_3$$

Количество CaO в стекле:

$$A' = 9,5 – 4,1582 = 5,3418 \text{ мас. \% CaO}$$

$$M = (5,3418 *1*100) / 55 = 9,71 \text{ мас.ч.}$$

Количество SiO_2 в стекле:

$$A' = 72,2 – 0,6115 = 71,5885 \text{ мас. \% } SiO_2$$

$$M = (71,5885 *1 * 100) / 98 = 73,05 \text{ мас.ч.}$$

С вычисленным количеством песка в стекло вводится:

$$A_{введ} = 73,05*(1,5 / 100) = 1,09575 \text{ \% } Al_2O_3$$

Количество Al_2O_3 в стекле:

$$A' = 2,2 – 1,0975 – 0,30575 = 0,79675 \text{ мас. \%}$$

$$M = (0,79675 *1 * 100) / 98= 0,81 \text{ мас.ч.}$$

Количество Na_2O в стекле:

$$M = (12 *1,032 * 100) / 86,6 = 14,3 \text{ мас.ч.}$$

Количество K_2O в стекле:

$$M = (1,5*1,12*100) / 66,8 = 2,52 \text{ мас.ч.}$$

Количество Cr_2O_3 в стекле:

$$M = (0,2 * 1 * 100) / 99 = 0,20 \text{ мас.ч.}$$

Количество оксидов, переходящие в стекло с каждым сырьевым материалом

С кварцевым песком в стекло переходит:

$$P_{SiO_2} = (73,05 * 98) / (1*100) = 71,59 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Al_2O_3} = (73,05 * 1,5) / (1*100) = 1,10 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Fe_2O_3} = (73,05 * 0,15) / (1*100) = 0,10958 \text{ мас.\%}$$

С глиноземом в стекло переходит:

$$P_{Al_2O_3} = (0,81*98) / (1*100) = 0,80 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Fe_2O_3} = (0,81* 0,05) / (1*100) = 0,00041 \text{ мас.\%}$$

С поташом в стекло переходит:

$$P_{K2O} = (2,52*66,8) / (1,12*100) = 1,50 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Fe_2O_3} = (2,52 * 0,001) / (1*100) = 0,00003 \text{ мас.\%}$$

С содой в стекло переходит:

$$P_{Na2O} = (14,3 * 86,6) / (1,032*100) = 12,00 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Fe_2O_3} = (14,3 * 0,001) / (1*100) = 0,00015 \text{ мас.\%}$$

С мелом в стекло переходит:

$$P_{CaO} = (9,71 * 55) / (1*100) = 5,34 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Fe_2O_3} = (9,71 * 0,3) / (1*100) = 0,02913 \text{ мас}$$

С доломитом в стекло переходит:

$$P_{CaO} = (12,23 * 34) / (1*100) = 4,16 \text{ мас.\%}$$

$$P_{MgO} = (12,23 * 18) / (1*100) = 2,20 \text{ мас.\%}$$

$$P_{SiO_2} = (12,23 * 5) / (1*100) = 0,61 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Al_2O_3} = (12,23 * 2,5) / (1*100) = 0,31 \text{ мас.\%}$$

$$P_{Fe_2O_3} = (12,23 * 0,4) / (1*100) = 0,04892 \text{ мас.\%}$$

С оксидом хрома в стекло переходит:

$$P_{Cr2O3} = (0,2 *99) / (1*100) = 0,2 \text{ мас.\%}$$

Таблица 2.4 - Расчетный состав стекла

Сырьевой материал	Заданные оксиды							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Cr_2O_3
Песок	71,59	1,10	0,11					

Глинозем		0,80	0,001					
Поташ			0,00003	1,50				
Сода			0,0002		12,00			
Мел			0,03			5,34		
Доломит	0,61	0,31	0,05			4,16	2,20	
Оксид хрома								0,20
Расчетный состав	72,20	2,21	0,19123	1,50	12,00	9,5	2,20	0,20
Σ				100,00123				

Таблица 2.5 - Сравнение заданного, расчетного и теоретического составов

	Заданный	Расчетный	Теоретический
SiO_2	72,2	72,20	72,20
Al_2O_3	2,2	2,21	2,21
Fe_2O_3	0,2	0,19123	0,19
K_2O	1,5	1,50	1,50
Na_2O	12	12,00	12,00
CaO	9,5	9,50	9,50
MgO	2,2	2,20	2,20
Cr_2O_3	0,2	0,20	0,20
Σ	100	100,00123	100,00

Корректировка состава шихты:

$$MO_{SiO2} = (73,05 * 100) / 100,00123 = 73,05 \text{ мас.ч.}$$

$$MO_{Al2O3} = (0,81 * 100) / 100,00123 = 0,81 \text{ мас.ч.}$$

$$MO_{K2CO3} = (2,52 * 100) / 100,00123 = 2,52 \text{ мас.ч.}$$

$$MO_{Na2CO3} = (14,3 * 100) / 100,00123 = 14,30 \text{ мас.ч.}$$

$$MO_{CaCO3} = (9,71 * 100) / 100,00123 = 9,71 \text{ мас.ч.}$$

$$MO_{CaMg(CO3)2} = (12,3 * 100) / 100,00123 = 12,30 \text{ мас.ч.}$$

$$MO_{Cr2O3} = (0,2 * 100) / 100,00123 = 0,20 \text{ мас.ч.}$$

$$\Sigma \text{ МО} = 112,9 \text{ мас.ч.}$$

Выход стекла:

$$B = 10^4 / 112,9 = 88,6\ \%$$

Угар шихты:

$$Y = 100 – 88,6 = 11,4\ \%$$

3. Расчет производственной программы

3.1 Цех выработки

Расчет производственной программы включает:

- вычисление фактического количества стеклянных изделий, заготовок, полуфабрикатов с учетом отходов, боя, брака, находящихся на каждой стадии технологического процесса;

- вычисление потребного количества стекломассы, шихты и сырьевых материалов;

- вычисление объемов переработки, транспортирования и хранения сырьевых материалов согласно технологической схеме составного цеха.

Исходные данные для расчета производственной программы цеха выработки:

- заданная производственная мощность объекта – 100 000 000 шт/год;

- количественное распределение изделий согласно выбранному ассортименту – 100 000 000 шт/год;

- показатели потерь изделий (отходы, бой и брак) по отдельным технологическим стадиям.

При расчетах используется выражение вида:

$$Б_1 = \frac{A_1 \cdot 100}{100 - \varphi_1},$$

$$В_1 = \frac{Б_1 \cdot 100}{100 - \varphi_2},$$

$$Г_1 = \frac{В_1 \cdot 100}{100 - \varphi_3},$$

$$Д_1 = \frac{Г_1 \cdot 100}{100 - \varphi_4},$$

$$Е_1 = \frac{Д_1 \cdot 100}{100 - \varphi_5},$$

где $Б_1$, $В_1$, $Г_1$, $Д_1$, $Е_1$ – количественные изменения для первого вида изделий по технологическим стадиям; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ – отходы производства на каждой стадии процесса.

Таблица 3.1.1 - Производственная программа цеха выработки

Наименование изделия	Ед. измер.	Склад готовой продукции			Отдел технического контроля			Обработка изделий			Отжиг изделий			Выработка изделий			Варка стекломассы		
		Выпуск	% отход	Поступает	Выпуск	% отход	Поступает	Выпуск	% отход	Поступает	Выпуск	% отход	Поступает	Выпуск	% отход	Поступает	Выпуск	% отход	Поступает
		$А_1$	φ_1	$Б_1$	$Б_1$	φ_2	$Г_1$	φ_4	$Д_1$	$В_1$	$В_1$	φ_3	$Г_1$	$Г_1$	φ_4	$Д_1$	$Д_1$	φ_5	$Е_1$
Бутылка	шт/г	100 000 000	1	101 010 101	101 010 101	1	102 030 405	102 030 405	2	105 185 985	105 185 985	8	114 332 592	114 332 592	10	127 036 213	127 036 213	5	133 722 330

Зададимся выпуском 100 000 000 шт/г. Масса одно бутылки – 640 граммов. Плотность стекла должна быть в пределах 2,48 - 2,52 г/см.

Произведем расчет для бутылок под игристое вино:

- Плотность – 2,5 г/см^3;
- Масса заготовки – 640 г;
- Выпуск – 100 000 000 шт/г.

1. Годовая производительность в тоннах:

$$m = 100\,000\,000 \cdot 0{,}00064 = 64000 \text{ т/г.}$$

2. Масса бутылок, поступающих на склад продукции с учетом потерь – 1%:

$$m = \frac{64000 \cdot 100}{100 - 1} = 64660 \text{ т/г;}$$

потери при транспортировании на склад 64660 – 64000 = 660 т/г.

3. Масса бутылок, поступающих на отдел технического контроля с учетом потерь – 1 %:

$$m = \frac{64660 \cdot 100}{100 - 1} = 65300 \text{ т/г;}$$

потери при упаковке 65300 – 64660 = 640 т/г.

4. Масса бутылок, поступающих на обработку с учетом потерь – 3 %:

$$m = \frac{65300 \cdot 100}{100 - 3} = 67320 \text{ т/г;}$$

потери при обработке изделий 67320 – 65300 = 2020 т/г.

5. Масса бутылок, поступающих на отжиг с учетом потерь – 8 %:

$$m = \frac{67320 \cdot 100}{100 - 8} = 73170 \text{ т/г;}$$

потери при отжиге 73170 – 67320 = 5850 т/г.

6. Масса бутылок, поступающих на выработку с учетом потерь – 10 %:

$$m = \frac{73170 \cdot 100}{100 - 10} = 81300 \text{ т/г;}$$

потери при выработке 81300 – 73170 = 8130 т/г.

7. Масса бутылок, поступающих на варку с учетом потерь – 5 %:

$$m = \frac{81300 \cdot 100}{100 - 5} = 85590 \text{ т/г;}$$

потери при варке 85590 – 81300 = 4290 т/г.

3.2 Расчёт номинального годового фонда рабочего времени

Количество рабочих дней (суток) в году или номинальный фонд рабочего времени $T_н$ в случае остановок в праздничные дни $T_н$ = 357 дней.

При работе в 2 смены – $T_н$ = 261 день.

Номинальный фонд времени в часах (1 смена – 8 часов)

$$Тн = 261 * 2 * 8 = 4176 \text{ часов}$$

Коэффициент использования стекломассы:

$$КИС = \frac{64000}{85590} * 100\% = 75\%.$$

Удельный расход стекла на единицу продукции:

$$q = \frac{85590}{64000} = 1{,}34$$

Годовое количество возвратного стеклобоя:

$$\delta = 0{,}98 + 0{,}99(81300 - 64000) = 17128 \frac{т}{год}$$

Количество возвратного стеклобоя по отношению к производимой стекломассе:

$$\rho = \frac{17128}{85590} * 100\% = 20 \ \%$$

Годовое количество стекломассы, навариваемой только из шихты:

$$S = 85590 - 17128 = 68462 \frac{т}{год}$$

$$K = 1 - \frac{\rho}{100} = 1 - \frac{20}{100} = 0{,}8$$

Производственная мощность составного цеха:

$$Ш = \frac{Q}{100} * З * K = \frac{112{,}9}{100} * 85590 * 0{,}8 = 77305 \ \frac{т}{год}$$

Производительность составного цеха в сутки вычисляется по формуле:

$$П = \frac{Ш}{T_н} = \frac{77305}{261} = 296 \ т/сут$$

3.2 Расчет производственной программы составного цеха

Статьи производственной программы рассчитываются тем же табличным методом при движении слева направо. Вначале определяют

годовую потребность в обработанных (кондиционных) сырьевых материалах из выражений вида:

$$K_1 = Ш \frac{K}{Q};$$

где К - количества сырьевых материалов в шихте, масс. частей на 100 мас. частей стекла.

Затем вычисляется годовая потребность в сырьевых материалах, которые поступают на хранение и обработку в сухом виде:

$$K_2 = \frac{K_1 * 100}{100 - \varphi_n};$$

где φп. φг. φи - отходы сырьевых материалов при хранении и обработке, %

Отношение шихта: стеклобой – 81,9: 18,1.

Таблица 3.2.1 - Производственная программа составного цеха

Наименование	Состав шихты на 100 мас.ч стекла	Требуется для производства шихты, т/год	Отходы, %	Поступает на хранение и обработку в сухом виде, т/год	Влажность [illegible]	Расходы влажных материалов со склада		
						т/год	т/сут	кг/ч
Кварц	73,05	50023,30	7,00	53788,49	5,00	56619,47	216,93	13558,30
Глинозем	0,81	554,67	1,00	560,28	1,00	565,94	2,17	135,52
Поташ	2,52	1725,65	2,00	1760,87	8,00	1913,99	7,33	458,33
Сода	14,30	9792,38	2,00	9992,22	3,00	10301,26	39,47	2466,78
Мел	9,71	6649,23	1,00	6716,39	3,00	6924,12	26,53	1658,07
Доломит	12,30	8422,81	1,00	8507,89	1,00	8593,83	32,93	2057,91
Оксид хрома	0,20	136,96	0,00	136,96	0,00	136,96	0,52	32,80
Шихта	Q	Ш	φ	81463,10	Ω	85055,55	325,88	20367,71
	112,89	77305,00						
Стеклобой	-	17142,00	4,00	17856,25	1,00	18036,62	82,36	5147,44
ИТОГ	-	94447,00	-	99319,35	-	103092,17	408,24	25515,15

Годовой расход сырьевых материалов с учетом складской влажности определяют по формулам вида:

$$K_3 = \frac{K_2 * 100}{100 - \omega_П};$$

где $\omega_п$, $\omega_г$, $\omega_и$ – складская влажность сырьевых материалов.

Для последующего расчета ПП и подбора технологического оборудования составного цеха представляется важным определение суточного и часового расхода сырьевых материалов со склада. Суточный расход сырьевых материалов со склада определяется по выражениям типа:

$$K_4 = \frac{K_3}{T_н};$$

При определении часового расхода сырьевых материалов:

$$K_5 = \frac{K_4}{\tau_н};$$

Увлажнение шихты:

$$W_{ув} = 350{,}87 \ \frac{m}{год}$$

Выход стекла:

$$B = 10^4 / 112{,}9 = 88{,}6\ \%$$

Угар шихты:

$$Y = 100 - 88{,}6 = 11{,}4\ \%$$

$$D_U = 94447{,}00 * 11{,}4\ \ \% = 10784{,}14 \frac{m}{год}$$

По расчетам производственной программы составляется заявка на транспорт и материальный баланс.

3.4. Заявка на транспорт

Таблица 3.4.1 - Заявка на транспорт

Наименование сырьевого материала	Вид транспорта	Расход материала со склада			Кол-во транспорта, вместимость	Частота привоза
		т/год	т/квартал	т/мес		
Кварцевый песок	Крытый вагон	56619,47	14154,87	4718,29	71 вагон по 67 т	1 раз в месяц
Глинозем	Машина с биг-бэгами	565,94	141,48	47,16	48 шт по 1 т	1 раз в месяц
Поташ	Машина с биг-бэгами	1913,99	478,50	159,50	80 шт по 1 т	2 раз в месяц
Сода	Машина биг-бэгах	10301,26	2575,31	858,44	859 шт по 1 т	1 раз в месяц
Мел	Машина с биг-бэгами	6924,12	1731,03	577,01	577 шт по 1 т	1 раз в месяц
Доломит	Машина с биг-бэгами	8593,83	2148,46	716,15	717 шт по 1 т	1 раз в месяц
Оксид хрома	Машина с биг-бэгами	136,96	34,24	11,41	12 шт по 1 т	1 раз в месяц

4.Расчет материального баланса

Таблица 4.1 - Расчет материального баланса

Приход		Расход	
Наименование	т/год	Наименование	т\год
Кварцевый песок	56619,47	Готовая продукция	64000,00
Глинозем	565,94	Потери	20013,42
Поташ	1913,99	Угар шихты	10784,14
Сода	10301,26	Потери на складе	4872,35
Мел	6924,12	Потери шихты по влажности	3772,82
Доломит	8593,83		
Оксид хрома	136,96		
Стеклобой	18036,62		
Вода	350,87		
ИТОГ	103443,04	Итог	103442,73

Невязка баланса:

$$\frac{103443,04 - 103442,73}{103443,04} * 100 = 0,0003 \ \ \%$$

Невязка баланса может быть связана с грубым округлением полученных значений до сотых.

5.Расчет складов хранения сырьевых материалов

Таблица 5.1 - Нормы запасов сырья и обработанных материалов

Наименование материала	При работе на обогащенном сырье в дозировочно-смесительных отделениях				Суточная потребность, т/сут
	Способ хранения	Запас в силосе, сут	Запас в бункерах, сут	Насыпная масса, т/м^3	
Кварцевый песок	Насыпью в отсеке	30	2	1,5	216,93
Глинозем	Биг-бэг	30	2	1,0	2,17
Поташ	Биг-бэг	15	2	0,8	7,33
Сода	Биг-бэг	30	2	0,6	39,47
Мел	Биг-бэг	30	2	1,1	26,53
Доломит	Биг-бэг	30	2	1,5	32,93
Оксид хрома	Биг-бэг	30	2	1,7	0,52

5.1. Расчет площадей крытых механизированных складов.

Площади отсеков (Si, м^2) для материалов, поступающих на предприятие «навалом» (кварцевый полевой шпат), рассчитывается по формуле:

$$Si = \frac{M_{ci} * N_i}{\gamma_i * h * K} = \frac{216{,}93 * 30}{1{,}5 * 8 * 0{,}8} = 680 \text{ м}^2,$$

где M_{ci} - суточный расход материала со склада, т/сут;

N_i - норма запаса сырьевого материала, сут;

γ_i- насыпная масса материала, т/м^3;

h – нормативная высота насыпки материала в отсеке, оборудованном мостовым краном, м;

K – коэффициент, учитывающий полноту заполнения отсека (0,8 – для мелкокусковых материалов). В складах, оборудованных грейферным краном, высота насыпки песка – 8 м.

Расчет площади складов для хранения затаренных материалов, поступающих в биг-бегах:

$$S_{биг\text{-}бега} = 1 * 1 = 1 \text{ м}^2$$
$$V_{биг\text{-}бега} = 1 \text{ м}^3.$$

С учетом заявки на 30 суток:

- глинозем: 47,16/1,00 = 47,16 м^3 → 48 штук в 4 ряда → 20м^2
- сода: 858,44/0,6 = 1430,73 м^3 → 1431 штук в 4 ряда → 370 м^2
- мел: 577,01/1,1 = 524,55 м^3 → 525 штук в 4 ряда → 150 м^2
- доломит: 716,15/ 1,5 = 477,43 м^3 → 478 штук в 4 ряда → 130 м^2
- оксид хрома: 11,41/1,7 = 6,71 м^3 → 7 штук в 2 ряда → 4 м^2

С учетом заявки на 15 суток:

- поташ: 79,75/0,8 = 99,68 тонн → 100 штук в 4 ряд → 40 м^2

Таблица 5.1.1 - Расчет площади складов для материалов

Наименование материала	Занимаемая площадь, м^2	Способ хранения
Кварцевый песок	680	Навалом в отсеке
Глинозем	20	В биг-бэгах
Поташ	40	В биг-бэгах
Сода	370	В биг-бэгах
Мел	150	В биг-бэгах
Доломит	130	В биг-бэгах
Оксид хрома	40	В биг-бэгах

Общая площадь складов составит:

$$S_{общ} = \frac{(680+20+40+370+150+130+40)}{K} = \frac{1430}{0,7} = 2043 \text{ м}^2$$

где К – коэффициент, учитывающий площадь проходов между штабелями (принимается равным 0,7).

5.2. Расчет емкости и размер силосных складов

Хранение материалов после обработки предусматривается в силосных банках. Используются силосы, корпус которых имеет форму цилиндра, а дно – форму усеченного конуса.

Для сырьевых материалов, используемых в стеклоделии, угол наклона стенок цилиндрической части принимается равным 55°.

Общий объем силоса ($V_{об}$) определяется по формуле:

$$V = \frac{Mci * N}{\gamma * 0{,}8}$$

где Mci – суточная потребность в материале, т\сут,

N – норма запаса, сут,

γ – насыпной вес сырьевого материала, т/м^3,

0,8 – коэффициент, учитывающий полноту заполнения силоса.

Таблица 5.2.1. - Объемы силосных банок по каждому материалу

Сырьевой материал	Mci, т\сут	N, сут	γ, т\м^3	V, м^3
Кварцевый песок	216,93	30	1,5	5423,3
Глинозем	2,17	30	1,0	81,3
Поташ	7,33	15	0,8	343,7
Сода	39,47	30	0,6	2466,8
Мел	26,53	30	1,1	452,2
Доломит	32,93	30	1,5	823,2
Оксид хрома	0,52	30	1,7	11,6

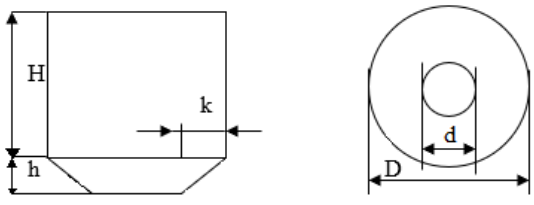


Рисунок 5.2.1 Схема силоса (форма и размеры)

Объем усеченного конуса

$$V_{ук} = 1/6 * V_{общ}$$

Объем цилиндрической части силоса:

$$V_{цч} = V_{общ} - V_{ук} \text{ или } V_{цч} = 4\pi R^3$$

Радиус силоса:

$$R = \sqrt[3]{\frac{V\,цч}{4\,\pi}}$$

Высота цилиндрической части силоса

$$H = 2D = 4R$$

Диаметр усеченного конуса принимаем 1 метр для поташа, 5 – для песка, а для остальных 3 метра.

Высота конусной части силоса

$$H / k = tg\ 55°, \text{ где } k = (D – d) / 2$$

Общая высота силоса равняется

$$H_{общ} = H + h$$

Количество силосов рассчитываем исходя из условия, что $H_{общ}$ примерно подходит к $H_{ст}$. $H_{ст}$ – принято считать кратным 1,2.

Таблица 5.2.2 Результаты расчета характеристик силосных банок

Сырье	d	$V_{общ}$	$V_{ус}$	$V_{ц}$	R	D	H	k	h	$H_{общ}$	n
Кварцевый песок	4	5423,32	903,89	4519,43	7,11	14,23	28,45	5,11	7,31	35,76	5
Глинозем	1	81,31	13,55	67,76	1,75	3,51	7,02	1,25	1,79	8,81	1
Поташ	1	343,75	57,29	286,46	2,84	5,67	11,34	2,34	3,34	14,68	2
Сода	1	2466,78	411,13	2055,65	5,47	10,94	21,88	4,97	7,11	28,99	4
Мел	1	452,20	75,37	376,84	3,11	6,21	12,43	2,61	3,73	16,16	2
Доломит	2	823,16	137,19	685,97	3,79	7,59	15,18	2,79	4,00	19,17	3

5.3. Расчет емкости и размеров расходных бункеров

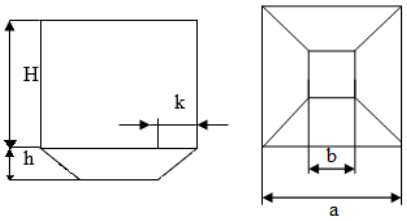


Рис.5.3.1 - Схема бункера (форма и размеры)

Найдем высоту пирамидальной части бункера h из формулы:

$$h / k = \operatorname{tg} 55°, \text{ где } k = (a - b) / 2$$

Объем пирамидальной части бункера $V_П$ определим по формуле:

$$V_П = h / 3 (a^2 + b^2 + a * b)$$

Общий объем бункера ($V_{об}$):

$$V = \frac{Mci * N}{\gamma * 0{,}9}$$

где Mci – суточная потребность в материале, т\сут,

N – норма запаса, сут,

γ – насыпной вес сырьевого материала, т/м^3,

0,9 – коэффициент, учитывающий полноту заполнения бункера.

Объем призматической части бункера (Vпризмы, м^3) равен:

$$V_{призмы} = V_{общ} – Vп$$

Находим высоту призматической части бункера (H, м):

$$H = \frac{V_{призмы}}{a^2}$$

А затем общую высоту бункера $H_{общ} = H + h$

Таблица 5.3.2 Результаты расчета расходных бункеров

Сырье	$V_{общ}$	a	b	k	h	$V_п$	$V_{призмы}$	H	$H_{общ}$	n
Кварцевый песок	4820,73	4,00	1,00	1,50	2,15	0,03	4820,70	301,29	303,44	37,0
Глинозем	72,28	3,00	1,00	1,00	1,43	0,04	72,24	8,03	9,46	2,0
Поташ	156,69	1,00	0,50	0,25	0,36	0,07	156,63	156,63	156,98	19,0
Сода	2192,69	3,00	1,00	1,00	1,43	0,04	2192,65	243,63	245,06	30,0
Мел	552,69	1,00	0,50	0,25	0,36	0,07	552,62	552,62	552,98	66,0
Доломит	11,66	3,00	1,00	1,00	1,43	0,04	11,62	1,29	2,72	1,0

6. Подбор и расчет основного оборудования составного участка

6.1 Расчет практической производительности оборудования

Выбор оборудования осуществляется на основании принятых практических схем и установленного режима работы составного участка. По режиму работы определяется коэффициент использования оборудования по времени (φ), практическая производительность машин (установок), на основании которой и рекомендуется к использованию конкретный тип и марка машин.

Расчет практической производительности ведущего оборудования ($П_{пр}$) производится по формуле:

$$П_{пр} = П_{п} \cdot \varphi \cdot \psi$$

где $П_{п}$ – технически обоснованная часовая производительность машины;

ψ - коэффициент, учитывающий потери материала.

Коэффициент использования оборудования во времени находится из соотношения

$$\varphi = \frac{T_{эф}}{T_{кал}},$$

где $T_{эф}$ – эффективный фонд работы оборудования;

$T_{кал}$ – календарный фонд времени в году (365 дней).

Эффективный фонд работы оборудования равен

$$T_{эф} = T_{н} - T_{рем} - T_{о}$$

где $T_{н}$ – номинальный фонд времени, который равен числу дней работы оборудования в зависимости от установленного режима работы производства без учета простоев оборудования из-за ремонта и технологически неизбежных остановок;

$T_{рем}$ – нормативное время простоя оборудования при ремонтах;

$T_{о}$ – время технологически неизбежных остановок.

$T_{рем}$ и $T_{о}$ устанавливается принятой системой ППР по ведущему технологическому оборудованию.

При работе по режиму непрерывной недели без остановок производства в праздничные дни $T_{н}$ является максимальным и совпадает с $T_{кал}$, равным 365 дней. В случае остановок в праздничные дни

$$Т_{н} = 261 \text{ день.}$$

6.2 Расчет оборудования механизированного склада сырья

Для подачи сыпучих материалов используются мостовые краны (краны-балки), оснащенные грейферами.

Исходными данными для расчета производительности грейферного крана являются:

- технологическая схема отделений хранения и обработки сырья;
- влажность сырья, ω, %;
- суточный расход сырьевого материала со склада, M_c, т/сут;
- общий суточный расход сырьевых материалов со склада, Q, т/сут.

Определяется масса материала, забираемого грейфером за 1 цикл, q, т:

$$q = V \cdot \gamma \cdot \varphi$$

где V – емкость грейфера, м^3;

γ – насыпная масса материала, т/м^3;

φ – коэффициент заполнения грейфера (для мелких материалов – 0,8; для кусковых – 0,5).

$$q_{Кварц} = 0{,}8 * 1{,}7 * 0{,}8 = 1{,}1 \ \ m$$

$$q_{доломит} = 0{,}8 * 1{,}5 * 0{,}8 = 1 \ \ m$$

$$q_{сода} = 0{,}8 * 0{,}6 * 0{,}8 = 0{,}4 \ \ m$$

$$q_{поташ} = 0{,}8 * 0{,}8 * 0{,}8 = 0{,}5 \ \ m$$

Так как сода, поташ и оксид хрома поставляется в мешках и биг-бегах в малом количестве для него не требуется использование грейферного крана.

С учетом показателей мощности проектируемого участка емкость грейфера (V принимается равной 1 или 1,5 м^3). В силу того, что грейферный кран обслуживает все складские отсеки хранения сырья, показатель q следует рассчитывать для каждого вида материала, а затем усреднить полученные числовые значения q_i по формуле

$$q = \frac{\sum q_i}{n}$$

где n – количество сырьевых материалов.

$$q = \frac{2,1}{2} = 1,05 \text{ т.}$$

Суточное число циклов работы грейферного крана будет равно

$$N = \frac{2 \cdot M_c}{q}$$

$$N_{Кварц} = \frac{2 \cdot 216,93}{1,1} = 395 \text{ раз}$$

$$N_{доломит} = \frac{2 \cdot 32,93}{1} = 66 \text{ раз}$$

На складе в сутки поступает M_c материалов и столько же подается в расходные бункера, поэтому в расчете N принимается $2M_c$.

Как правило, на складе к установке принимается 1 грейферный кран с технической характеристикой:

Таблица 6.2.1 - Характеристики грейферного крана

Грузоподъемность	4 т
Высота подъема	16 м
Пролет	17 м
Мощность электродвигателя	58 кВт

Обычно используют грейферы ПР 7-3.2 и ПР 7-5.0, параметры которых приведены в табл. 5.2.2.

Таблица 6.2.2 - Техническая характеристика грейферов

Марка грейфера	Грузоподъемность, т	Объем, м^3	Габаритные размеры в раскрытом виде, м
ПР 7-3.2	3	0,8	1,2х1,8х1,7
ПР 7-5.0	2	1,5	1,5х1,97х1,91

7. Подбор оборудования отделения подготовки сырьевых материалов

7.1 Расчет производительности ленточных транспортеров

Выбор ленточного транспортера, как и другого оборудования составного участка, производится по часовому расходу материала, $П_ч$, т/ч:

$$П_{ч.} = \frac{П_{сут}}{n \cdot t \cdot \psi}$$

где $M_с$ – суточный расход материала, т/сут;

n – число смен в сутки;

t – продолжительность рабочей смены, ч;

ψ – коэффициент использования оборудования (при 2- и 1-сменной работе не учитывается).

$$П_{ч.\,Кварц} = \frac{216{,}93}{2 \cdot 8} = 13{,}56 \ \frac{т}{ч}$$

$$П_{ч.\ доломит} = \frac{32{,}93}{2 \cdot 8} = 2{,}06 \ \frac{т}{ч} \quad П_{ч.\ сода} = \frac{39{,}43}{2 \cdot 8} = 2{,}47 \ \frac{т}{ч}$$

$$П_{ч.\ поташ} = \frac{7{,}33}{2 \cdot 8} = 0{,}46 \ \frac{т}{ч}$$

В стекольной промышленности для подачи сырьевых материалов, а в некоторых случаях и шихты, широко применяются горизонтальные и наклонные транспортеры, плоские и желобчатые.

Исходные данные для расчета:

- производительность, требуемая сырьевому материалу, , $П_ч$ т/ч;
- длина наклонного участка транспортера, L_1, м;
- длина горизонтального участка транспортера, L_2, м;
- высота подъема груза, h, м;
- скорость движения ленты, V, м/с;
- насыпная масса сырьевого материала, γ, кг/м^3.

Их производительность зависит от ширины ленты и скорости движения. При ширине ленты B груз на ней располагается слоем b, равным 0,9.

Производительность (П, т/ч) рассчитывается по формуле:

$$П_{тр.} = c \cdot (0{,}9 \cdot B - 0{,}05)^2 \cdot \gamma \cdot V$$

где с – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа транспортера и угла φ (для плоской ленты $\varphi = 15°$ с = 240, при $\varphi = 20°$ с = 325, для желобчатой ленты при $\varphi = 30°$ с = 265, при $\varphi = 45°$ с = 320);

γ – насыпная масса, т/м^3;

V – скорость ленты транспортера равна 1,5 м/с.

Расчет сводится к определению минимальной ширины транспортера, обеспечивающей требуемую производительность. Ширину ленты (B, м) находим по формуле:

$$B = 11 \cdot \left(\sqrt{\frac{П_{ч.} \cdot K_1}{c \cdot V \cdot \gamma \cdot \varphi}} + 0{,}05 \right)$$

где К – коэффициент, учитывающий режим работы транспортера, равный 1 при трехсменной работе; 2 – при двухсменной работе; 3 – при работе в одну смену;

ψ – коэффициент, зависящий от угла наклона ленты транспортера к горизонту.

$$B_{Кварц} = 11 \cdot \left(\sqrt{\frac{13,56 \cdot 2}{240 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 15}} + 0,05 \right) = 1,19 \ \ м$$

$$B_{доломит} = 11 \cdot \left(\sqrt{\frac{2,06 \cdot 2}{240 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 15}} + 0,05 \right) = 0,80 \ \ м$$

$$B_{сода} = 11 \cdot \left(\sqrt{\frac{2,47 \cdot 2}{240 \cdot 1,5 \cdot 0,6 \cdot 15}} + 0,05 \right) = 0,98 \ \ м$$

$$B_{поташ} = 11 \cdot \left(\sqrt{\frac{0,46 \cdot 2}{240 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 15}} + 0,05 \right) = 0,71 \ \ м$$

$$П_{тр.Кварц} = 240 \cdot (0,9 \cdot 1,19 - 0,05)^2 \cdot 1,5 \cdot 1,7 = 559 \ \ \frac{т}{ч}$$

$$П_{тр.доломит} = 240 \cdot (0,9 \cdot 0,80 - 0,05)^2 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 241 \frac{т}{ч}$$

$$П_{тр.сода} = 240 \cdot (0,9 \cdot 0,98 - 0,05)^2 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 149 \ \ \frac{т}{ч}$$

$$П_{тр.поташ} = 240 \cdot (0,9 \cdot 0,71 - 0,05)^2 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 100 \frac{т}{ч}$$

Таблица 7.1 - Характеристика транспортерной ленты

Сырьевые материалы	Расход материалов, т/ч	Насыпная масса, т/м^3	Скорость ленты, м/с	Ширина ленты, м	Производительность ленты, т/ч
Кварцевый песок	13,56	1,5	1,5	1,19	559
Доломит	2,06	1,5	1,5	0,80	241
Сода	2,47	0,6	1,5	0,98	149
Поташ	0,46	0,8	1,5	0,71	100

7.2. Подбор и расчет сушильного оборудования

Исходные данные:

- суточный расход сырьевого материала со склада, кг/ч;
- начальная влажность материала, $b_н$, %;
- конечная влажность материала, $b_к$, 0,2 %;
- напряженность сушки сырьевого материала, A, кг/м^3 ч.

Напряженность сушильного барабана по количеству испаряемой влаги (за час с 1 м^3) является основным показателем работы сушильного барабана.

Рассчитываем количество испаряемой влаги из высушиваемого сырьевого материала влаги (W, кг/ч):

$$W = \frac{M \cdot (b_н - b_к)}{T \cdot 100},$$

$$W_{Кварц} = \frac{13558{,}30 \cdot (2 - 0{,}5)}{16 \cdot 100} = 12{,}71 \frac{кг}{ч}$$

$$W_{доломит} = \frac{2057{,}91 \cdot (1 - 0{,}5)}{16 \cdot 100} = 0{,}64 \frac{кг}{ч}$$

$$W_{сода} = \frac{2466{,}78 \cdot (1 - 0{,}5)}{16 \cdot 100} = 0{,}77 \frac{кг}{ч}$$

$$W_{поташ} = \frac{458{,}33 \cdot (8 - 0{,}5)}{16 \cdot 100} = 2{,}15 \frac{кг}{ч}$$

где Т – число часов работы барабана, ч (например, при 2-сменной работе сушильного отделения Т = 16 ч).

Объем сушильного барабана ($V_б$, м^3) находится из соотношения:

$$V_б = \frac{W}{A}$$

$$V_{б.Кварц} = \frac{12{,}71}{80} = 0{,}1589 \ м^3$$

$$V_{б.\ доломит} = \frac{0{,}64}{80} = 0{,}0080 \ м^3$$

$$V_{б.сода} = \frac{0{,}77}{80} = 0{,}0096 \ м^3$$

$$V_{б.поташ} = \frac{2{,}15}{80} = 0{,}0269 \ м^3$$

Выбранный размер сушильного барабана проверяется по влаго испарительной способности (U, кг/ч), которая рассчитывается, исходя из типоразмера барабана, по уравнению:

$$U = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} \cdot A$$

$$U = \frac{\pi \cdot 0{,}97^2 \cdot 5{,}23}{4} \cdot 80 = 309{,}19 \frac{кг}{ч}$$

Так как U > W, то сушильный барабан выбран верно.

Таблица 7.2.1 Характеристика сушильных барабанов

Сырьевые материалы	Расход сырьевых материалов, кг/ч	Количество испаряемой влаги, %	Конечное количество влаги	Объем сушильного барабана, $м^3$
Кварцевый песок	13558,30	2	0,5	0,1589
Поташ	458,33	8	0,5	0,0080
Сода	2466,78	1	0,5	0,0096
Доломит	2057,91	1	0,5	0,0269

7.3 Подбор оборудования для контрольного просева

На отечественных заводах наиболее часто используются сита-бураты. Для просева стекольного песка, соды, сульфата, мела, доломита, глинозема, полевого шпата используются сита № 1,4 – 0,7.

Выбор типа сита-бурат производится по показателю производительности, которая зависит от размера барабана сита. Для составных цехов большой производительности возможно использование инерционных грохотов.

Таблица 7.3.1 - Техническая характеристика сит-буратов

Показатели характеристики	Типы сит-буратов				
	СМ-237	СМ-236	650х1500	1300х2500	800х1250
Размер барабана, мм: диаметр большего основания диаметр меньшего основания длина	 1100 780 3500	 1100 780 2500	 650 550 1500	 1300 1000 2500	 800 600 1250
Число оборотов в 1 мин	25	25	30	30	30
Размеры фракций, мм	0-1; 1-3; 3-5	0-1	0-1	0-1	0-1
Средняя производительность, т/ч (при ситах № 1,4 – 0,7)	3,0	2,0	1,5	4,5	1,5
Мощность электродвигателя, кВт	1,7	1,7	1,0	1,0	1,0
Число оборотов двигателя, мин	930	930	-	930	930
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	 4813 1376 1545	 3915 1366 1520	 2715 1180 1005	 3850 1600 2020	 2500 1000 1300

Таблица 7.3.2 - Модели и марки просеивающих устройств

Сырьевые материалы	Расход сырьевых материалов, т/сут	Модель и марка устройства	Производительность, т/сут
Песок	216,93	СМ236 650х1500	36
Поташ	7,33	СМ236 650х1500	36
Сода	39,47	СМ236 650х1500	36
Доломит	32,93	СМ236 650х1500	36

7.4. Подбор сепаратора

Сепаратор предназначен для стабилизации содержания железа в кварцевом песке, магнитная система выполнена на постоянных магнитах.

Магнитный сепаратор серии ЛМО для сухого магнитного обогащения кварцевого песка барабанного типа с высокоинтенсивной магнитной системой, что позволяет удалять слабомагнитные примеси.

Имеет следующие достоинства:

- обеспечивает наилучшее качество магнитного обогащения кварцевого песка;
- имеет водоохлаждаемую магнитную систему;
- предназначен для обогащения горячего кварцевого песка непосредственно после сушки;
- установлен на многих стеклозаводах и ГОКах.

Таблица 7.4.1 – Основные характеристики модификаций магнитного сепаратора ЛМО

Наименование	Модификация	Габариты, мм	Технические характеристики		
			Вес, кг	П, т/ч	Напряженность (Н) индукция (В) магнитного поля
ЛМО-5000	1	1500х890х 400	600	5-10	Н 480 кА/м В более 0,6 Тл
ЛМО-5000-2	2	1700х890х740	700	5	Н 580 кА/м В более 0,75Тл
ЛМО-7500-2	2	2050х890х740	800	7,5	Н 580 кА/м В более 0,75Тл
ЛМО-5000-3	3	2050х890х740	800	5	Н 800 кА/м В 1,0 Тл

Таблица 7.4.2 – Выбор магнитных сепараторов

Сырьевые материалы	Расход сырьевых материалов, т/сут	Модель и марка магнитного сепаратора	Производительность, т/сут
Кварц	216,93	ЛМО-5000-2	80
Поташ	7,33	ЛМО-5000-2	80
Сода	39,47	ЛМО-5000-2	80
Доломит	32,93	ЛМО-5000-2	80

7.5. Подбор питателей

Питатели служат для непрерывной и равномерной подачи материала в дробильно-помольные, сушильные или формующие устройства.

Регулирование производительности тарельчатых питателей может осуществляться за счет изменения скорости вращения тарели или сечения потока выдаваемого материала. Для автоматического регулирования в настоящее время используется преимущественно изменение сечения потока.

Таблица 7.5.1 - Технические параметры тарельчатых питателей

Тип	Модель	Диаметр диска, мм	Скорость вращения диска, об/мин	Максимальная крупность загружаемого материала, мм	Производительность, т/ч	Мощность электродвигателя, кВт	Вес, кг
Закрытый подвесной тип	YG300	300	10,0	20	0-1,8	0,55	115
	YG600	600	10,0	20	0-5,0	1,1	130

Таблица 7.5.2 - Выбранные модели тарельчатых питателей

Сырьевые материалы	Расход сырьевых материалов, т/сут	Модель и марка питателя	Производительность, т/сут
Кварцевый песок	216,93	YG600	80
Поташ	7,33	YG300	24
Сода	39,47	YG300	24
Доломит	32,93	YG300	43,2

8. Подбор и расчет оборудования дозировочно-смесительного отделения

8.1 Подбор и расчет автоматических дозировочных весов

В процессе работы весов происходит автоматическое суммирование всех взвешенных порций до заданного оператором значения массы. Размер и вес порции различается в зависимости от конкретной модели весов может как определяться объемом весового бункера, так и задаваться оператором весов вручную, на пульте управления. От размера порции зависит производительность бункерных весов - количество взвешиваемого продукта в единицу времени (чаще всего измеряется в тоннах в час). Так как взвешивание больших и малых порций происходит почти с одинаковыми временными затратами, итоговая производительность весов прямо пропорциональна внутреннему объему весового бункера.

Применение весовых бункеров при взвешивании больших объемов сыпучих продуктов (зерно, крупы, семена, комбикорм, гранулы пластмасс и т.п.) позволяет получить точный вес всей партии, фактически перевесив её малыми дозами.

Таблица 8.1.1 Выбранные модели бункерных весов

Сырьевые материалы	Расход сырьевых материалов, т/сут	Модель и марка весов	Производительность весов т/ч
Кварцевый песок	216,93	Модель «НИВА»	6
Поташ	7,33	Модель «НИВА»	6
Сода	39,47	Модель «НИВА»	6
Доломит	32,93	Модель «НИВА»	6

8.2 Подбор и расчет смесителей шихты

Часовая потребность цеха в стекольной шихте, $M_ш$=1,4 т/ч;

Таблица 8.2.1 - Характеристика смесителя СШ-25

Количество валов	1
Производительность смесителя т/ч	10-25
Обороты шнекового смесителя в минуту	От 10 дл 35
Привод смесителя кВт	37

8.3 Выбор и расчет стеклоформующего оборудования

Выбираем стеклоформующую машину циклического действия – оснащённой двумя десятисекционными стеклоформующими машинами IS-10-D.G фирмы «Ботеро».

Таблица 8.3.1 - Характеристики СФМ – IS-10-D.G:

Модель СФМ	IS-10-D.G
Выпускаемые изделия	Бутылки емкостью 0,1-1,0 л
n, шт/мин	600
φ	0,95
Т, сут/год	200

Валовая производительность для выдувных машин формования:

$$P_в = 1440 * n * \varphi * T = 1440 * 600 * 0{,}95 * 200 = 164\ 160\ 000\ шт/год$$

где n – количество изделий, вырабатываемых машиной за 1 мин, шт/мин;

φ – коэффициент использования машины во времени;

Т – годовой календарный фонд времени работы машины, сут/год.

Количество стеклоформующих машин:

$$M = \frac{D}{P_в} = \frac{100\,000\,\,000}{164\,160\,\,000} = 0{,}6 \approx 1 \;\; шт$$

где D – количество изделий, вырабатываемых СФ машинами в течение года, шт/год.

8.4 Расчет производительности и основных размеров стекловаренных печей

Рассчитаем производительность стекловаренной печи:

$$П = \frac{E}{n \cdot T_к} = \frac{85590}{365} = 235 \frac{m}{сут},$$

На основе найденной производительности печи определяем площадь варочной ($S_{вар}$) и выработанной ($S_{выр}$) частей:

$$S_{вар} = \frac{П}{G} = \frac{235}{1{,}5} = 157 \ \ м^2,$$

где G – удельный съем стекломассы с 1-ого кв. метра варочного бассейна в сутки, примем 1,5 т/(м^2*сут)

$$S_{выр} = k \cdot S_{вар} = 0{,}15 * 157 = 23{,}55 \approx 24 \ \ м^2,$$

где k – соотношение площадей выработачной и варочной частей стекловаренной печи принимаем 0,15

Длина бассейна печи L определяется после расчета площадей варочной и выработочной частей печи и выбора ширины печи (принимаем за 9,5 метра):

$$L = \frac{S_{вар}}{H} + \frac{S_{выр}}{H} = \frac{157}{9{,}5} + \frac{24}{9{,}5} = 19 \ \ м.$$

8.5 Выбор конструкций печей для отжига стекла

Таблица 8.5.1 - Для отжига стеклотары выбираем печь ПГУ-325

Показатели	ПГУ-325
Производительность, т/час	3
Скорость движения ленты, м/ч	0,04-0,8
Размеры туннеля, м:	
Длина	30,16
Ширина	1,9
Высота	0,45
Габариты печи, м:	
Длина	35,2
Ширина	3,4
Высота	4,0

Количество печей отжига:

$$N = \frac{M * S_{изд} * \tau}{\gamma * S_n} = \frac{14501 * 0,01 * 2}{1 * 100} = 2,9 \approx 3 \ \ шт,$$

где М – количество вырабатываемых изделий, равная 14 501 шт/час;

$S_{изд}$ – площадь занимаемая одним изделием, примем 0,01 м^2;

τ – продолжительность процесса отжига, примем 2 ч;

γ – коэффициент загрузки, примем равным 1;

S_n – суммарная площадь полок для размещения изделий, примем 100 м^{2}Практическая производительность печи:

$$П_{час} = \frac{M * g}{1000} = \frac{14501 * 0,64}{1000} = 9,3 \frac{т}{час} = 223,2 \frac{т}{сут}$$

где М – количество отжигаемых изделий, шт/час;

g – масса одного изделия, кг.

Выбираем 3 печи отжига модели ПГУ-325 производительностью

8.6 Расчет складов готовой продукции

Площадь склада готовой продукции определяют из выражений:

$$S = \Sigma S_i, \ м^2 \qquad (1.1)$$

$$S_i = \frac{Б_i \cdot T \cdot S_y \cdot h}{n \cdot H \cdot k_1 \cdot k_2},$$

где: S – площадь склада готовой продукции, м^2;

S_i – площадь части склада для хранения изделий і-ого вида;

$Б_i$ – суточная производительность цеха по і-му виду изделий согласно производственной программе цеха выработки;

T – нормативная продолжительность хранения изделий на складе, сут;

S_y – площадь основания упаковки, м^2;

h – высота одной упаковки, м;

n – количество изделий в одной упаковке, шт;

H – нормативная высота укладки упаковок на поддон (до 3 м);

k_1 – коэффициент, учитывающий неплотность укладки упаковок;

k_2 – коэффициент, учитывающий площадь проходов и проездов (0,60).

$$S = \frac{273972 \cdot 7 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}3}{120 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0{,}6} = 3200 \ м^2.$$

9. Теплотехническая часть – стекловаренная печь

Таблица 9.1 Характеристика печи

Наименование	Показатель
	Печь непрерывного действия
Направление пламени.	Подковообразное
Вид теплообменника	Регенеративный
Источник тепловой энергии	Пламенный
Топливо	Природный газ

Производительность печи определим исходя из производственной программы цеха выработки и календарного фонда времени работы печи в течение года:

$$П = \frac{З}{T_к} = \frac{85590}{365} = 235 \frac{т}{сут}$$

На основе найденной производительности печи определяем площадь варочной $F_{вар}$ и выработочной $F_{выр}$ частей:

$$F_{вар} = \frac{П}{G} = \frac{235}{1,5} = 157 \ м^2,$$

$$F_{выр} = k * S_{вар} = 0,5 * 157 = 24 \ м^2,$$

где G – удельный съем стекломассы с 1 м^2 варочного бассейна в сутки, примем 1,5 т/(м^2*сут), k – соотношение площадей выработочной и варочной частей печи, принимаем 0,5.

Принимаем площадь зеркала зоны осветления равной $F_{осв} = 1,2 \cdot F_в$, тогда $F_в + 1,2 F_в = F_{вар}$. Отсюда $F_в = F_{вар} / 2,2$ (м^2).

$F_в = 157 / 2,2 = 71,3$ м^2.

$F_{осв} = 1,2*71,3 = 85,7$ м^2.

$F = 71,3 + 85,7 = 157$ м^2.

Принимаем для варочной зоны и зоны осветления длину и ширину так, чтобы получить определенные площади, исходя из того, что ширина зоны осветления и варочной части одинаковы. Для варочной зоны: ширина 9,5 м, длина 7,5 м. Для зоны осветления – ширина 9,5 м, длина 9 м.

Габариты варочного бассейна, мм (ШхДхГ) – 9500 х 16500 х 1000.

1. Выбранный состав природного газа:

Таблица 9.2 Состав природного газа

Вещество	Количество вещества	Низшая теплотворная способность, кДж/м^3
CH_4	85,48	334,1
N_2	6,44	0
C_2H_6	4,57	598,5
C_3H_8	1,9	865,3
C_4H_{10}	0,71	1140
C_5H_{12}	0,43	1440,2
C_6H_{14}	0,04	1613,6
CO_2	0,43	

2. Коэффициент расхода воздуха α=1,1

3. Содержание водяных паров в 1 м^3 сухого воздуха $g^{св}_{H_2O}$= 8,53 г/м^3

4. Расход кислорода на горение 1м^3 газа.

$$V^0_{O_2} = 0.01 \cdot \left(0{,}5 \cdot \left(CO + H_2 + 3H_2S\right) - O_2 + s + \sum \left(m + 0{,}25n\right) \cdot C_m H_n\right)$$

$$V^0_{O_2} = 0{,}01\left(2 \cdot 85{,}48 + 3{,}5 \cdot 4{,}57 + 5 \cdot 1{,}9 + 6{,}5 \cdot 0{,}71 + 8 \cdot 0{,}43 + 9{,}5 \cdot 0{,}04\right) = 2{,}05$$

5. Стехиометрический расход сухого L^c_o и влажного соответственно L_o (м^3/м^3)

$$L^c_o = \left(1 + k\right) V^0_{O_2} = \left(1 + 3{,}762\right) \cdot 2{,}05 = 9{,}76$$

где k=3.762 - коэффициент, определяемый отношением объемных долей азота (79%) и кислорода (21%).

$$L_o = \left(1 + 0{,}001244\, g^{св}_{H_2O}\right) \cdot L^c_o = \left(1 + 0{,}001244 \cdot 8{,}53\right) \cdot 9{,}76 = 9{,}86$$

6. Действительный расход влажного воздуха:

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_o = 1.1 \cdot 9.86 = 10{,}85 \left(\frac{м^3}{м^3}\right)$$

7. Образование компонентов дыма при сжигании 1 м^3 влажного газа:

$$V_{CO_2} = 0.01\left(CO_2 + CO + \sum m \cdot C_m H_n\right) = 0{,}01\left(0{,}43 + 85{,}48 + 2 \cdot 4{,}57 + 3 \cdot 1{,}9 + 4 \cdot 0{,}71 + 5 \cdot 0{,}43 + 6 \cdot 0{,}0\right.$$

$$V_{H_2O} = 0{,}01\left(H_2O + H_2 + 3H_2S + \sum \left(0.5n * C_m H_n\right) + 0.001244\, g^{св}_{H_2O} \cdot L^c_o = 0{,}01\left(2 \cdot 85{,}48 + 3 \cdot 4{,}57 + 4 \cdot\right.\right.$$

$$V_{N_2} = 0{,}01 \cdot N_2 + \propto \cdot k \cdot V^0_{O_2} = 8{,}55 \ \frac{м^3}{м^3}$$

$$V_{O_2} = V^0_{O_2}(\propto -1) = 2{,}05 \cdot (1{,}1 - 1) = 0{,}21 \frac{м^3}{м^3}$$

8. Общее количество продуктов сгорания 1м^3 газа:

$$V_{\propto} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} = 1.05 + 2{,}09 + 0{,}21 + 8{,}55 = 11{,}91 \ \frac{м^3}{м^3}$$

9. Состав продуктов сгорания:

$$CO_2 = \frac{100 \cdot 1{,}05}{11{,}91} = 8{,}82\% \qquad H_2O = \frac{100 \cdot 2{,}09}{11{,}91} = 17{,}55 \ \%$$

$$N_2 = \frac{100 \cdot 8{,}55}{11{,}91} = 71{,}79\% \qquad O_2 = \frac{100 \cdot 0{,}21}{11{,}91} = 1{,}76\%$$

10. Плотность продуктов сгорания (дыма) при н.ф.у. $\rho_д$

$$\rho_д = \frac{44CO_2 + 18H_2O + 28N_2 + 32O_2}{22.4 * 100} = 1{,}24 \frac{кг}{м^3}$$

11. Содержание воздуха в продуктах сгорания V_l

$$V_l = \frac{L_{\propto} - L_0}{V_{\propto}} \cdot 100 = \frac{10{,}85 - 9{,}86}{11{,}91} \cdot 100 = 8{,}31 \ \%$$

12. Низшая рабочая теплотворная способность газа при 20 ^{o}

$$Q^p_н = 117{,}8CO + 100{,}5H_2 + 334{,}1CH_4 + 598{,}5C_2H_6 + 865{,}3C_3H_8 + 1140C_4H_{10} + 1140{,}2C_5H_{12} + 1613{,}6C$$

10. Плотность влажного газа н.ф.у. $\rho_{ог}$(кг/м^3):

$$\rho_{ог} = \frac{44CO_2 + 18H_2O + 28N_2 + 32O_2 + 34H_2S + \sum MC_mH_n}{22.4 * 100} = \frac{44 \cdot 0{,}43 + 28 \cdot 6{,}44 + 16 \cdot 85{,}48 + 30 \cdot}{2}$$

83 кг/м^3

10.Расчет температуры горения газа

Исходные данные для расчета

$Q_н^р = 34431{,}3 \frac{кДж}{м^3}$ - низшая рабочая теплотворная способность газа;

$t_в$ = 1300 °С – температура воздуха;

$t_г$ = 40 °С - температура газа;

V_α = 11,91 м^3/м^3;

V_l = 8,31 % – содержание воздуха в продуктах сгорания.

L_α = 10,85 м^3/м^3 - действительный расход.

1. По таблицам физические свойства воздуха и свойства природного газа среднего состава находим средние удельные теплоемкости воздуха и газа

$$c_в = 1{,}4428 \text{ кДж/(м}^3\text{·К)}, \; c_г = 1{,}586 \text{ кДж/(м}^3\text{·К)}$$

2.Определим:

$$q_в = 1{,}4428 \cdot 1300 \cdot 10{,}85 = 20350{,}69 \text{ кДж/м}^3$$

$$q_т = 1{,}586 \cdot 40 = 63{,}44 \text{ кДж/м}^3$$

3. Расчет химической энтальпии газа

$$i_з = \frac{0{,}02 \cdot Q_н^р}{V_\alpha} = \frac{0{,}02 \cdot 34431{,}3}{11{,}91} = 58 \frac{кДж}{м^3}$$

$$i_{общ} = \frac{Q_н^р + q_в + q_г}{V_\alpha} = \frac{34431{,}3 + 20350{,}69 + 63{,}44}{11{,}91} = 4605 \frac{кДж}{м^3}$$

$$i_{общ}^б = i_{общ} - i_з = 4605 - 58 = 4547 \frac{кДж}{м^3}$$

4. По диаграмме С.Г. Тройба находим теоретическую и балансовую температуры

$$t_\alpha^m = 2150 ℃ \quad t_\alpha^б = 2425 ℃$$

11. Расчет теплового баланса стекловаренной печи

Таблица 11.16 Характеристика сырьевых материалов

Сырьевой материал	Основной компонент	Содержание основного компонента	Примеси (Fe_2O_3)
Кварцевый песок	SiO_2	98	0,15
Глинозем	Al_2O_3	98	0,05
Поташ	K_2CO_3	66,8	0,001
Сода	Na_2CO_3	86,6	0,001
Мел	$CaCO_3$	55	0,3
Доломит	$MgCO_3$	18	0,4
Оксид хрома	Cr_2O_3	99	

Исходные данные

- суммарное содержание стеклобоя 18,2 %
- температура нагрева продуктов дегазации 1500 ˚С
- увлажнение шихты – 4%
- рецепт шихты.

Таблица 711.2 Содержание сырьевых материалов

Сырьевой материал	Содержание мас.ч.	Содержание мас.ч на 100
Кварцевый песок	73,05	64,70
Глинозем	0,81	0,72
Поташ	2,52	2,23
Сода	14,30	12,67
Мел	9,71	8,60
Доломит	12,30	10,90
Оксид хрома	0,20	0,18
Итого Q	112,9	100

1. Находим количество стеклообразующих оксидов (на 100 кг шихты), учитываемых в расчете теплового эффекта реакций стеклообразования:

$$G_i = \sum_{i=1}^{k} G_{к.ш} \cdot K_o \cdot \left(1 - H_2O\right),$$

где $G_{к.ш}$ – содержание *i*-того компонента шихты, доли ед.;

K_o – содержание основного соответствующего оксида;

k - число компонентов шихты, содержащий *i*-тый оксид.

а) MgO

$$G_{доломит} = 10{,}90 \cdot 0{,}18\left(1 - 0{,}04\right) = 1{,}9 \ \ кг$$

б) Na_2O

$$G_{с\,ода} = 12{,}67 \cdot 0{,}866\left(1 - 0{,}04\right) = 10{,}6 \ \ кг$$

в) K_2O

$$G_{поташ} = 2{,}23 \cdot 0{,}668\left(1 - 0{,}04\right) = 1{,}4 \ \ кг$$

г)CaO

$$G_{мел} = 8{,}60 \cdot 0{,}55\left(1 - 0{,}04\right) = 4{,}6 \ \ кг$$

$$G_{доломит} = 10{,}90 \cdot 0{,}31\left(1 - 0{,}04\right) = 3{,}3 \ \ кг$$

д) Al_2O_3

$$G_{глинозем} = 0{,}72 \cdot 0{,}98\left(1 - 0{,}04\right) = 0{,}7 \ \ кг$$

е) Cr_2O_3

$$G_{оксид\ \ хрома} = 0{,}18 \cdot 0{,}99\left(1 - 0{,}04\right) = 0{,}2 \ \ кг$$

2. Определяем тепловой эффект реакции стеклообразования по формуле

$$q_{\sum \square} = 0.01 \cdot \sum_{i=1}^{n} G_i q_1,$$

где G_i - масса *i*- того оксида, кг;

q_i – удельный расход теплоты на реакцию получения *i*-того оксида, кДж/кг;

n - число оксидов.

Таблица 11.3 Тепловой эффект реакций

Сырьевой материал	Тип реакции	Расход теплоты, кДж/кг	Расход теплоты на 100 кг шихты, кДж/кг
Доломит	$CaMg(CO_3)_2 \rightarrow MgCa(SiO_3)_2$	2736,6	142,28
Мел	$CaCO_3 \rightarrow CaO$	2826,2	130,01
Сода	$Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SiO_3$	951,7	100,88
Поташ	$K_2CO_3 \rightarrow K_2SiO_3$	996,5	13,95
Итого			387,12

$$CaMg(CO_3)_2 \rightarrow MgCa(SiO_3)_2$$

$$q_{i1} = 0.01 \cdot 2736,6 * 5,2 = 142,28 \frac{кДж}{кг}$$

$$CaCO_3 \rightarrow CaO$$

$$q_{i2} = 0.01 \cdot 2826,2 * 4,6 = 130,01 \frac{кДж}{кг}$$

$$Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SiO_3$$

$$q_{i3} = 0,01 \cdot 951,7 \cdot 10,6 = 100,\ 88 \frac{кДж}{кг}$$

$$K_2CO_3 \rightarrow K_2SiO_3$$

$$q_{i4} = 0,01 \cdot 996,5 \cdot 1,4 = 13,95 \frac{кДж}{кг}$$

Тепловыми эффектами образования других соединений, в виду их относительной малости, пренебрегаем. Тогда суммарный тепловой эффект реакций стеклообразования на 1 кг шихты равен

$$q_{\sum} = 387,12 \ \frac{кДж}{кг}$$

3. Вычисляем затраты тепла на испарения влаги

$$q_{1.1} = K * H_2O = 2514 \cdot 0,04 = 100,56 \text{ кДж/кг}$$

где К = 2514 – расход теплоты на испарения 1 кг влаги.

4. Находим количество продуктов дегазации на 100 кг шихты по формулам

$$G_2 = G_{к.ш.} П \left(1 - H_2O\right),\ G_3 = 3.67 \cdot G_{к.ш.} \cdot K_O \left(1 - H_2O\right),\ G_4 = 100\, H_2O$$

где K_o – коэффициент, учитывающий количество оксида, образующегося при разложении химически чистого вещества $K_{CO2} = 0,57757$ и $K_{SO3} = 0.43392$,

G_{ni}- количество данной примеси в компоненте, доли ед.;

G'_{ni} -количество продукта дегазации примеси, доли ед.;

П - потери при прокаливании, мас. %

а) CO_2

$$G_{2\ песок} = 0,01 * 64,7 * \left(1 - 0,04\right) = 0,62 \ кг$$

$$G_{2\ доломит} = 0,01 * 10,90 * \left(1 - 0,04\right) = 0,11 \ кг$$

$$G_{2\ сода} = 12,67 * \left(1 - 0,04\right) * 0,998 * \left(1 - 0,86\right) = 1,70 \ кг$$

$$G_{2\ поташ} = 2,23 * \left(1 - 0,04\right) * 0,99 * \left(1 - 0,668\right) = 0,70 \ кг$$

$$G_{CO_2} = 0,62 + 0,11 + 1,70 + 0,70 = 3,13 \ кг$$

б) H_2O

$$G_4 = 100 \cdot 0,04 = 4 \text{ кг}$$

Общий выход продуктов дегазации (на 100 кг шихты);

- По весу:

$$G_{дег} = 3,13 + 4 = 7,13 \text{ кг}$$

- По объему

$$V_{дег} = \frac{G_{CO_2}}{q_{CO_2}} + \frac{G_{H_2O}}{q_{H_2O}} = \frac{3,13}{1,9788} + \frac{4}{0,833} = 6,38 \ \ м^3$$

Состав продуктов дегазации:

$$V_{CO_2} = \frac{100\,G_{CO2}}{q_{CO2}V_{дег}} = \frac{100 * 3,13}{1,9788 * 6,38} = 24,79 \ \ (\%)$$

$$V_{H_2O} = \frac{100\,G_{H_2O}}{q_{H_2O}V_{дег}} = \frac{100 \cdot 4}{0,833 \cdot 6,38} = 75,27 \ \ (\%)$$

5. Находим среднею удельную теплоемкость продуктов дегазации

$$c_{дег} = 0,01\left(c_{CO_2} \cdot V_{CO_2} + c_{H_2O} \cdot V_{H_2O}\right) = 0,01\left(2,354 \cdot 24,79 + 1,8528 \cdot 75,27\right) = 2,05 \ \ \frac{кДж}{м^3 * K}$$

где с – удельная теплоемкость соответствующего газа при температуре 1500◦С

6. Определяем затраты теплоты на нагрев продуктов дегазации по формуле

$q_{1.2}$= 0,01·$V_{дег}$·$c_{дег}$·$t_{дег}$ = 0,01*6,38*2,05*1500 = 196,19 кДж/кг

7. Находим затраты теплоты на плавление стекла по формуле

$q_{1.3}$ = 347,52(1-0,01$G_{дег}$) = 347,52·(1-0,01·7,13) = 322,74 кДж/кг

8. Рассчитываем расход шихты на 1 кг стекломассы:

$$G_б^{'} = \frac{G_б^{"}}{G_{cm}} = \frac{18,1}{100 - 18,1} = 0,22 \frac{кг}{кг}$$

$$G_{cm} = 1 - 0,01\,G_{дег} + G_б^{'} = 1 - 0,01 \cdot 7,13 + 0,22 = 1,15 \ \ кг$$

$$G_ш = \frac{1}{G_б^{'}} = \frac{1}{0,22} = 4,55 \frac{кг}{кг}$$

$$G_б = G_ш * G_б^{'} = 0,22 * 4,55 = 1,00$$

где $G_б^{'}$ - расход стеклобоя на 1 кг шихты, кг/кг;

$G_б^{»}$ - доля стеклобоя в суммарной массе шихты и боя %;

$G_ш$ - расход шихты на 1 кг стекломассы кг/кг;

G_{cm} - выход стекломассы на 1 кш шихты, кг/кг.

9. Определяем затраты теплоты на стеклообразование при заданной производительности печи по формуле:

$$Q_{1.1} = P_n G_ш\left(q_Σ + q_1 + q_{1.2} + q_{1.3}\right) = 2,72 \cdot 4,55 \cdot \left(387,12 + 100,56 + 196.19 + 322,74\right) = 12457,80 \ \ кВт$$

где Рп – производительность печи в кг/с;

10. Расчитаемт тепловых потерь с выработочным потоком стекломассы:

Температура стекломассы на входе в проток рассчитывается по формуле, в которой производительность печи задана в т/сут

$$t_{cm} = 1410{,}3 - 0{,}2772\,P_n + 0{,}0001\,P_n^2 = 1410{,}3 - 0{,}2772 \cdot 235 + 0{,}0001 \cdot 235^2 = 1350{,}68 \ ℃$$

Средняя удельная теплоемкость стекла определяется по формуле Шарпа и Гинтера

$$c_{cm} = \frac{4{,}187}{1 + 0{,}00146\,t_{cm}} \cdot \sum P_i \left(a_i + b_i\right)$$

где P_i - доля оксида в химическом составе стекла, масс %,

a_i *и* b_i – коэффициенты к формуле Шарпа и Гинтера

Таблица 11.4 Коэффициенты к формуле Шарпа и Гинтера

Оксид	a_i	b_i	*Pi*,
SiO_2	0,000468	0,1657	72,2
Al_2O_3	0,000453	0,1765	2,2
MgO	0,000514	0,2142	2,2
CaO	0,000410	0,1709	9,5
Na_2O	0,000829	0,2229	12
K_2O	0,000445	0,1756	1,5

$$c_{cm} = \frac{4{,}187}{1 + 0{,}00146 \cdot 1350{,}68} \cdot \left[0{,}722\left(0{,}000468 \cdot 1350{,}68 + 0{,}1657\right) + 0{,}022\left(0{,}000453 \cdot 1350{,}68 + 0{,}1765\right) + 0{,}095\right.$$

Теплота выработочного потока стекломассы равна

$$Q_{1.2} = P_n \cdot c_{cm} \cdot t_{cm} = 2{,}72 \cdot 1{,}20 \cdot 1350{,}68 = 4408{,}61 \ \ кВт$$

где $c_{ст}$, $t_{ст}$ средняя удельная теплоемкость и температура на входе в проток, кДж/(кг·К) и ◦С соответственно

11. Определяем полезные затраты выражением

$$Q_1 = Q_{1.1} + Q_{1.2} = 12457{,}80 + 4408{,}61 = 16886{,}41 \text{ кВт}$$

Находим среднею удельную теплоемкость дыма

$$c_д = 0{,}01\left(c_{CO_2} \cdot CO_2 + \ c_{H_2O} \cdot H_2O + c_{N_2} \cdot N_2 + c_{O_2} \cdot O_2\right) = 0{,}01\left(2{,}3354 \cdot 8.82 + 1.8528 \cdot 17{,}55 + 1{,}4499 \cdot 71\right.$$

где $c_{CO_2}, c_{H_2O}, \ c_{N_2}, \ c_{O_2}$ – удельная объемная теплоемкость газов;

$CO_2, \ H_2O, \ N_2, \ O_2$ - содержание соответствующих газов в дыме.

Потери теплоты с уходящими продуктами сгорания (дымом) определяется по формуле

$$q_2 = c_д t_д V_\propto = 1.6 \cdot 1473 \cdot 11,91 = 28069,49 \frac{кДж}{м^3}$$

где $t_д$ – температура дыма на выходе из печи равная 1473 К,

V_α =11,91 $м^3/м^3$ – общее количество продуктов сгорания.

13. Определяем химический недожог топлива

$$q_3 = 0,02 \cdot Q_н^p = 0,02 \cdot 34431,3 = 688,63 \frac{кДж}{м^3}$$

где $Q_н^p$ – низшая рабочая теплотворная способность газа.

14.Рассчитываем потери теплоты в окружающую среду, через стенку, свод и под печи. газового пространства

- Температура печных газов – 1500 ˚С.
- Температура окружающей среды – 40 ˚С

Рассчитываем теплопередающие поверхности, $м^2$:

$$F_{дна} = 16,5*9,5 = 157;$$
$$F_{свода} = 9,5 \cdot (3,14 \cdot 2 \cdot 60/180) = 19,9;$$
$$F_{стены\ газ.простр} = 16,5 \cdot 0,4 = 1,65;$$
$$F_{стены\ ванны} = 16,5 \cdot 0,6 = 9,9.$$

Рассчитываем потери теплоты в окружающую среду, через стенку газового пространства:

Таблица 11.5 Огнеупоры стенки газового пространства

Марка огнеупора	Толщина, δ, м	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м*К)	$t_{ср}$, $^\circ C$	Коэффициент теплового сопротивления стенки, R, $(м^2*К)/Вт$
ПХП-2	0,5	$3,67-0,93*10^{-3}t$	1135	0,191
ШЛ-0,9	0,3	$0,29+0,23*10^{-3}t$	770	0,642
PROMASIL	0,1	$0,033+0,175*10^{-3}t$	405	0,963

$$q = \frac{1500 - 40}{0,191 + 0,642 + 0,963} = 813 \ \frac{Вт}{м^2}$$

Рассчитываем потери теплоты в окружающую среду через стенку, соприкасающуюся со стекломассой:

Таблица 11.6 Огнеупоры стенки соприкасающейся со стекломассой

Марка огнеупора	Толщина, δ, м	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м*К)	$t_{ср}$, °С	Коэффициент теплового сопротивления стенки, R, (м²*К)/Вт
БК-41	0,5	$6-5{,}63*10^{-3}t+3{,}86*10^{-6}t^2$	1135	0,109
ШЛ-0,9	0,4	$0{,}29+0{,}23*10^{-3}t$	770	0,856
PROMASIL	0,1	$0{,}033+0{,}175*10^{-3}t$	405	0,963

$$q = \frac{1500 - 40}{0{,}109 + 0{,}856 + 0{,}963} = 757 \ \frac{Вт}{м^2}$$

Рассчитываем потери теплоты в окружающую среду, через под печи:

Таблица 811.7 Огнеупоры установленные на дне печи

Марка огнеупора	Толщина, δ, м	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м*К)	$t_{ср}$, °С	Коэффициент теплового сопротивления стенки, R, (м²*К)/Вт
БК-41	0,5	$6-5{,}63*10^{-3}t+3{,}86*10^{-6}t^2$	1135	0,109
ШЛ-0,9	0,4	$0{,}29+0{,}23*10^{-3}t$	770	0,856
PROMASIL	0,1	$0{,}033+0{,}175*10^{-3}t$	405	0,963

$$q = \frac{1500 - 40}{0{,}109 + 0{,}856 + 0{,}963} = 757 \ \frac{Вт}{м^2}$$

Рассчитываем потери теплоты в окружающую среду, через свод печи:

Таблица 11.8 Огнеупоры свода печи

Марка огнеупора	Толщина, δ, м	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м*К)	$t_{ср}$, °С	Коэффициент теплового сопротивления стенки, R, (м²*К)/Вт
ДСО	0,5	$0{,}93+0{,}71*10^{-3}t$	1135	0,288
ДЛ-1,0	0,3	$0{,}39+0{,}32*10^{-3}t$	770	0,471
PROMASIL	0,1	$0{,}033+0{,}175*10^{-3}t$	405	0,963

$$q = \frac{1500 - 40}{0{,}288 + 0{,}471 + 0{,}963} = 848 \ Вт / м^2$$

$$Q_{пот.т} = 0{,}001 \sum_{i=1}^{n} q_i F_i = 0{,}001 * (813 * 6{,}6 * 2 + 757 * 9{,}9 * 2 + 757 * 157 + 848 * 19{,}9) = 161{,}44 \ кВт$$

где $q_{ті}$ - удельный тепловой поток через і-й конструктивный элемент поверхности кладки, Вт/м²,

F_i – площадь і-той поверхности, м²;

n - число конструктивных элементов.

15. Рассчитываем лучистый тепловой поток через k отверстие, Вт

$S_{окна}$ = 0,1 м^2, a=9,5 м, b=0,4 м, l=16,5 м

$$\varphi_{12} = \frac{L}{L+1} = \frac{66}{66+1} = 0{,}98$$

$$L = \frac{4V}{F} = \frac{4*(9{,}5*0{,}4*16{,}5)}{9{,}5*0{,}4} = 66 \ \ м$$

Далее рассчитываем коэффициент диафрагмирования, который определяется по формуле

$$Ф = 0{,}5*(1+\varphi_{12}) = 0{,}99$$

Затем рассчитываем потери через окна по формуле Г.П. Иванова

$$Q_{луч} = C_м \left[\left(\frac{t_1+273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_2+273}{100} \right)^4 \right] Ф F_o = 5.2* \left[\left(\frac{1500+273}{100} \right)^4 - \left(\frac{40+273}{100} \right)^4 \right] \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}1 = 50{,}82 \ \ кВт$$

где $C_м$ =5,2-коэффициент, Вт/(м^2*К),

t_1- температура газовой среды, ^{o}С;

t_2- температура окружающей среды ^{o}С;

$$Q_{пот.л.} = \sum_{i=1}^{k} Q_{луч.i} = 50{,}82 \cdot 8 = 406{,}56 \ \ кВт$$

где к – число отверстий в печи

12.Рассчитаем сумму потерь теплоты в окружающую среду:

$$Q_{пот} = 161{,}44 + 406{,}56 = 568{,}00 \ \ кВт$$

17. Рассчитываем физическую теплоту материалов, загружаемых в печь

$$Q_м = P_п t_м (c_ш G_ш + c_б G_б + c_{H_2O} G_ш H_2O) = 2{,}72*40*(0{,}963*4{,}55 + 0{,}7617*1{,}00 + 1{,}4987*4{,}55*0{,}$$

где $G_ш$ - расход шихты на 1 кг стекломассы кг/кг,

$G_б$ - расход стеклобоя на 1 кг стекломассы,

$$c_ш = 0{,}963 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \quad c_б = 0{,}7617 \ \frac{кДж}{кг \cdot К}, \ c_{H_2O} = 1{,}4987 \frac{кДж}{кг * К},$$

$t_м$ - температура материала равная 40^{o}С

18. Определяем расход топлива, м^3/с

$$B = \frac{1{,}1(Q_1 + Q_{пот}) - Q_м}{Q_н^p + q_в + q_т - q_2 - 1{,}1 q_3} = \frac{1{,}1(16886{,}41 + 568{,}00) - 589{,}21}{34431{,}3 + 20350{,}68 \ + 63{,}44 - 28069{,}49 - 1{,}1 \cdot 688{,}63} = 0{,}71$$

19.Расчет химической теплоты топлива

$$Q_x = B \cdot Q_н^p = 0{,}71 \cdot 34431{,}3 = 24446{,}20 \ \ кВт$$

где $Q_н^p$ – низшая рабочая теплотворная способность газа. В- расход газа м^3/с

20. Проводим расчет потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания

$$Q_2 = B \cdot q_2 = 0{,}71 \cdot 28069{,}49 = 19929{,}33 \ \ кВт$$

21. Рассчитываем химической недожог топлива

$$Q_3 = B \cdot q_3 = 0{,}71 \cdot 688{,}63 = 488{,}92 \ \ кВт$$

22. Определяем количество неучтенных потерь

$$Q_{нейч.} = 0{,}1 \cdot (Q_1 + Q_{пот} + Q_3) = 0{,}1 \cdot (16886{,}41 + 568{,}00 + 488{,}92) = 1794{,}33 \ \ кВт$$

23. Расчет физической теплоты воздуха

$$Q_в = B \cdot q_в = 0{,}71 \cdot 20350{,}68 = 14448{,}98 \ \ кВт$$

24. Определяем физическую теплоту газа

$$Q_г = B \cdot q_г = 0{,}71 \cdot 63{,}44 = 45{,}04 \ \ кВт$$

Таблица 11.9 Тепловой баланс

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Химическая теплота топлива	24446,20	61,8	Полезные затраты	16886,41	42,6
Физическая теплота воздуха	14448,98	36,5	Потери теплоты дымом	19929,33	50,2
Физическая теплота газа	45,04	0,1	Потери теплоты в окружающую среду	568,00	1,4
			Химический недожег топлива	488,92	1,2
Физическая теплота шихты и боя	589,27	1,6	Неучтенные потери	1794,33	4,6
Итого	39529,49	100	Итог	39666,99	100

Невязка баланса:

$$\frac{39666{,}99 - 39529{,}49}{39666{,}99} * 100 = 0{,}34 \ \ \%$$

Невязка баланса может быть связана с округлением до сотых вычисляемых значений.