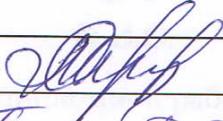


МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Факультет «Технология неорганических материалов»
Кафедра «Технология силикатных материалов, благородных и редких
металлов»

ПОЯСНИТЕЛЬНО-РАСЧЕТНОЕ ОПИСАНИЕ

квалификационной дипломной работы по теме:

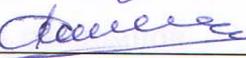
Проект составного цеха и теплотехнический расчет ванной печи для
производства 300 тыс. стаканов в сутки.

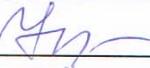
Заведующая кафедрой  проф. Арипова М.Х.

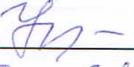
Руководитель  Бабаханова З.А.

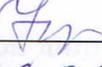
Консультации по частям:

Технологическая часть Бабаханова З.А.  26.06.14г.

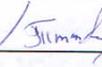
Экономика Исоев Р.С.  26.06.14г.

Экология Челеахонджиева  10.06.14г.

Охрана труда Челеахонджиева  16.06.14г.

Гражданская защита Челеахонджиева  19.06.14г.

Автоматика Табасаров Р.О.  16.06.14г.

Выполнил(а) выпускную дипломную работу Бизруков, В. /  25.11.14г.

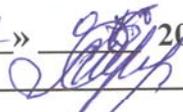
Ташкент - 2014 год

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ «ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
БЛАГОРОДНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедры

проф. Арипова М.Х.

«24»  2014 год

ЗАДАНИЕ НА КВАЛИФИКАЦИОННУЮ ДИПЛОМНУЮ
РАБОТУ

Студент: Яхрицнова Бишкунья Яхрицновна

Ф.И.О.

1. Тема квалификационной дипломной работы

Выявить составную часть и термодинамический расчет вонной печи
для производства 300 тыс стаканов в сутки.

Утверждена на заседании кафедры № 20 от «15» января 2014 г.

2. Исходные данные для квалификационной дипломной

состав сортового стекла: SiO_2 - 73%;
 Na_2O - 13,5%; K_2O - 2%; CaO - 7%; MgO - 2,5%; Al_2O_3 - 2%;

3. Содержание пояснительной части квалификационной дипломной работы

Введение, Технико-экономическое обоснование, Требования, предъявляемые к
готовое продукции. Теоретические основы физико-химических процессов при
производстве стекломатериала в. Процесс изготовления. Процесс вышки стекла. Характеристики
сырьевых материалов и требования к ним. Материальный баланс. Выбор технологической схемы.
Выбор оборудования. Термодинамический расчет печи. Контроль производства. Экология. Окружающая среда. Заключение.

4. Список графической части (чертежи с полным названием)

1. Дробинка штеповая СМД-28.

2. Технологическая схема вонной печи.

3. Технологическая схема производства сортового стекла.

4. Основные технико-экономические показатели производства.

6. Консультанты по квалификационной дипломной работе

№	Консультативные части	Консультанты (Ф.И.О.)	Задание выдано (подпись, дата)	Задание выполнено (подпись, дата)
1.	Технологическая часть	Абаханова З.А.	25.05.14	25.06.14
2.	Экономич. часть	Хасанов Р.С.	25.05.14	26.06.14
3.	Автоматизация производства	Бобоев Р.Д.	25.05.14	16.06.14
4.	Охрана труда	Чеманхориева	19.05.14	16.06.14
5.	Экология	Чеманхориева	19.05.14	10.06.14
6.	Гражданская оборона	Чеманхориева	19.05.14	19.06.14

№ т/р	Этапы	Срок выполнения (дата)	Отметка о выпол.
1	Введение. Техничко-экономическое обоснование.	26/05/2014-28/05/2014	Ж
2	Технические требования, предъявляемые к производимой продукции.	29/05/2014	Ж
3	Теоретические основы физико-химических процессов в производстве.	30/05/2014	Ж
4	Характеристика сырьевых материалов и предъявляемые к ним требования. Расчёт материалбного баланса.	31/05/2014-02/06/2014	Ж Ж
5	Выбор метода производства Выбор технологической схемы производства и его описание.	03/06/2014-04/06/2014	Ж Ж
6	Выбор технологического оборудования, их техническое описание и расчёт.	05/06/2014-07/06/2014	Ж
7	Тепло-технический расчёт теплового оборудования. Контроль производства.	09/06/2014-11/06/2014	Ж
8	Экологическая часть. Охрана труда.	12/06/2014-14/06/2014	Ж
9	Гражданская оборона.	16/06/2014-18/06/2014	Ж
10	Автоматизация производства.	18/06/2014-19/06/2014	Бобоев Р.Д.
11	Экономическая часть. Список использованной литературы.	20/06/2014-21/06/2014	Ж

Руководитель дипломной работы Абаханова З. А. Ж (фамилия, имя, отчество) (дат

Задание принял Бигицков Бигицки Бигицкиевич. Ж (фамилия, исеми, шарифи) (дат

Дата выдачи задания 20.05.2014 год

Содержание:

1. Введение.....	2
2. Техничко – экономическое обоснование.....	5
3. Требования, предъявляемые к готовой продукции.....	9
4. Теоретические основы физико – химических процессов при производстве стекломатериалов.	
4.1. Процесс измельчения.....	15
4.2. Процесс варки стекла.....	17
5. Характеристика сырьевых материалов и требования, предъявляемые к ним в производстве стекломатериалов.....	20
6. Материальный баланс производства.....	26
7. Выбор технологической системы производства и её описание...	35
8. Выбор оборудования и его технический расчёт.....	39
9. Теплотехнический расчёт теплового оборудования.....	48
10. Контроль производства.....	66
11. Экологическая часть.....	68
12. Охрана труда.....	73
13. Гражданская оборона.....	75
14. Автоматизация производства.....	77
15. Экономическая часть.....	99
16. Список использованной литературы.	105

1. Введение.

В результате последовательной реализации принятой программы приоритетного развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 годах и отраслевых программ по модернизации, техническому и технологическому обновлению производств в структуре промышленности все большее место занимают обрабатывающие отрасли, производящие конкурентоспособную продукцию с высокой добавленной стоимостью. Сегодня эти отрасли производят более 78 % промышленной продукции страны [1].

В 2013 году валовой внутренний продукт страны возрос на 8%, объем производства промышленной продукции увеличился на 8,8%, сельскохозяйственной – на 6,8%, объем розничного товарооборота – 14,8%. Уровень инфляции был ниже прогнозного и составил 6,8%.

Внешний государственный долг по итогам 2013 года составил 17% к ВВП и около 60% к объему экспорта при нулевом внутреннем долге.

Опережающими темпами в 2013 году развивались такие высокотехнологичные отрасли, как машиностроение и металлообработка 121 %, производство строительных материалов 113, 6 %, легкая 113 % и пищевая 109 % промышленность.

Дают свои результаты своевременно принятые меры по кординальному увеличению производства потребительских товаров.

В 2013 году прирост объемов этих товаров составил 14, 4 % и в общем объеме промышленного производства их доля возросла до 35, 5 %, существенно растет их конкурентоспособность не только на внутреннем но и на внешнем рынке.

Безусловно, здесь немаловажная роль принадлежит расширению масштабов локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на основе промышленной кооперации. За последние 3 года объем производства отечественной локализованной продукции возрос почти в 2 раза. Только в истекшем году на 455 предприятиях осуществлена реализации свыше

1140 проектов локализации, что позволило увеличить объем производства в 1, 2 раза и обеспечить расчетный эффект импортозамещения в размере 5, 3 миллиарда долларов США [2].

Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему углублению локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на основе промышленной кооперации на 2011-2013 годы» от 29 июля 2011 года.

Немаловажным фактором являются новые возможности, предоставленные предприятиям в рамках соответствующей программы. Получаемую прибыль отечественные производители направляют в основном на расширение, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение действующих и создание новых производств, поощрение работников.

По данным Самаркандского областного управления экономики, 38 проектов 19 промышленных предприятий области включены в Программу локализации. Хорошим примером служит ООО «Стеклопластик», которое производит товары народного потребления, спортивный и медицинский инвентарь. В начале 2013 года восемь проектов этого предприятия были включены в Программу локализации производства. Работают здесь около ста человек.

В 2013 году в рамках Инвестиционной программы за счет всех источников финансирования завершена реализация 150 проектов производственного направления общей стоимостью около 2,7 миллиарда долларов США.

Решение поставленных перед собой задач по модернизации и обновлению нашего производственного потенциал, внедрению современных инновационных и высокоэффективных технологий мы связываем и с расширением деятельности созданных в Республике Узбекистан специальных индустриальных зон.

В докладе главы государства было отмечено что достижения и перспективы Узбекистана в реализации общепризнанной в мире собственной «узбекской модели» развития, эффективная практика антикризисного управления экономикой в условиях глубокого и затяжного кризиса мировой экономики

высоко оцениваются со стороны авторитетных ученых-экономистов и международных финансовых институтов. В частности, в заявлении главы миссии Международного валютного фонда, посетившей нашу страну в сентябре-октябре 2013 года, отмечено, что в истекшем году в Узбекистане, несмотря на ухудшение глобальной экономической ситуации, сильные бюджетная и внешняя позиции, стабильная банковская система и низкий уровень государственного долга продолжают способствовать достижению устойчивых макроэкономических результатов, а прогнозы экономического развития в ближайшей перспективе благоприятны [1].

Реализация активной инвестиционной политики по ускоренному развитию и технологической модернизации промышленности, социальной, дорожно-транспортной и коммуникационной инфраструктуры обеспечила прирост объема инвестиций в основной капитал на 11,3%. Объем иностранных инвестиций превысил 3 миллиарда долларов США, из них более 72% – прямые иностранные инвестиции. В рамках Инвестиционной программы завершена реализация 150 проектов производственного направления общей стоимостью около 2,7 миллиарда долларов США [2].

В результате осуществления мер по рационализации издержек производства, внедрению энергосберегающих технологий обеспечено снижение себестоимости производимой продукции в среднем на 11,2%, а энергоемкости ВВП – на 15,3%.

Перед руководителями, хозяйственных объединений и местных органов исполнительной власти поставлены задачи по принятию необходимых мер, вводу в строй важнейших высокотехнологичных и современных объектов и мощностей в промышленности, а также формирование в стране полноценной конкурентной среды, являющейся ключевым фактором технического и технологического обновления и модернизации производства, выход на мировые рынки. Определены конкретные меры по формированию деловой среды, созданию новых рабочих мест, строительству жилья и благоустройству населения.

2. Техничо – экономическое обоснование.

Развитие стекольного производства – один из составляющих факторов развития экономики нашей страны. Для изготовления бытовой посуды и декоративных изделий используют оксидные стекла, в которых основными стеклообразователями являются оксиды кремния, бора, алюминия и др. Производство стеклянных изделий состоит из обработки сырья, составления шихты, варки стекломассы, формования и отжига изделий, первичной и декоративной их обработки. Потребительские свойства и основные признаки ассортимента стеклянных изделий формируются на стадии проектирования и конструирования при создании опытных образцов и в процессе серийного изготовления. Ассортимент стеклянных товаров достаточно динамичен и изменяется в связи с постоянным развитием науки, состоянием технологии производства, характером потребительского спроса, сменой стилевых направлений.

Ассортимент изделий бытового назначения классифицируют по назначению и условиям эксплуатации, составу и окраске стекла, методу формования и характеру термической обработки, видам (наименованиям), размерам, фасонам изделий, методам и сложности декорирования, комплектности. Потребительские свойства стеклянных изделий обуславливают возможность их использования по назначению, удобство и надежность в эксплуатации, красоту и художественную выразительность. Они зависят от совершенства авторского образца, свойств стекла и качества изготовления изделий. Показателями ряда потребительских свойств изделий являются показатели физико-химических свойств стекла. С улучшением положения в экономической сфере, появились тенденции к росту товарооборота и получению прибыли, что ставит новые задачи по увеличению ассортимента посуды из стекла и способствует выпуску различных серий стаканов, бокалов, креманок.

Выпуск стекольной продукции бытового назначения является актуальной задачей - в перечень перспективных инвестиционных проектов в промышленности Узбекистана включены три проекта по организации

производства различных видов стекла и изделий в Ташкентской области. По данным еженедельника “Zerkalo XXI. Еженедельная газета”, их общая приблизительная стоимость составляет около 600 тыс. долл. США, суммарная производственная мощность этих предприятий превысит 250 тыс. квадратных метров строительного стекла и 10 тыс. различных изделий из стекла.

В течение ближайших пяти лет объемы производства строительного стекла в Республике Узбекистане планируется увеличить в 1,3 раза – до 13 млн квадратных метров в год. В настоящий момент прорабатывается крупный инвестиционный проект по организации производства архитектурно-строительного стекла в Навоийской области. Проектная мощность предприятия составит не менее 200 тонн стекломассы в сутки. Предварительная оценочная стоимость этого проекта 50 млн США. Запуск нового производства намечен на середину 2015 года [2].

По данным Госкомстата, производства строительного стекла в Республике Узбекистане в 2010 году составило 12 млн 599,4 тыс, квадратных метров. Объем роста производства по сравнению с предыдущим годом составил 22,7% [3].

Согласно плану локализации развития автомобилестроения ассоциации «УзАвтоСаноат» в 2002 г был основан завод специализирующийся на выпуске безопасных автомобильных стекол с производственной мощностью 200000 комплектов в год. Выпускает завод ООО «АвтоОйна».

ООО «АвтоОйна» входит в состав предприятий акционерной компании «УзАвтоСаноат» производящие «конвейерные» комплектующие детали на первичный рынок, для крупного автопроизводителя Республики Узбекистана «ДжиЭМ Узбекистан». Наименование и основные технические характеристики выпускаемой автомобильной продукции, комплектность - производство многослойных ветровых автомобильных стекол (триплекса); выпуск боковых и задних закаленных автомобильных стекол (сталинита).

В марте 2004 г. ООО «АвтоОйна» пущены в эксплуатацию линии «Предварительная обработка», «Закалка» и «Ламинирование» - самые современные и полностью автоматизированные линии по производству

безопасных автомобильных стекол. Они оснащены технологическими оборудованьями всемирно известных марок: автоматическая линия резки и обработки стекла фирмы «Bystronic» (Швейцария), моечно-сушильная машина плоского стекла фирмы «Ctriulzi»(Италия), машина для нанесения шелкотрафаретной печати фирмы «Cugher»(Италия), печь закалки фирмы «Keraglass»(Италия), пресс фирмы «Marioargiro»(Италия), линия охлаждения фирмы «Текна»(Италия), печь моллирования, вакуумирования и автоклав фирмы «Pilkingtone ngineering Group»(Финляндия). линия финального контроля качества готовой продукции фирмы «Текна»(Италия) и «Pilkingtone ngineering Group» (Финляндия)[4].

В городе Ташкенте работает завод по производству тарного стекла - открытое акционерное общество «Asl Oyna». «Asl Oyna» – ведущий завод по производству стеклотары в регионе Средней Азии. Расположен на территории города Ташкента, Республики Узбекистан. Завод был введен в эксплуатацию в 17 октября 2009 года. Однако его строительство началось несколькими годами ранее по инициативе ХК «Узвинпром - Холдинг». На основании постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан за №251 от 20.11.2008 года основной пакет акций был выкуплен крупной узбекской группой компании «Мехнат». Было закуплено и произведен монтаж оборудования от немецкой компании «HEUE International» GmbH.

ОАО «Asl Oyna» в октябре 2009 года запустило производства по выпуску стеклотары со стоимостью 22 млн. евро. Поставщиком производственного оборудования выступила «HEUE International» GmbH (Германия). Предприятия может производить 120-150 тонн стекломассы в сутки и 126 млн, единиц готовой продукции в год.

ОАО «Асл Ойна» (Asl Oyna) является уникальным предприятием. На этом заводе установлена единственная в Средней Азии стекловаренная печь рекуператором игольчатого типа, которая обладает более высоким коэффициентом полезного действия. В целях снижения издержек производства, на предприятие действует цех по ремонту форм для изготовления бутылок.

Изначально планировалось производить исключительно тару бесцветного цвета, однако возросший спрос со стороны производителей алкогольной и безалкогольной продукции обусловил и производство стеклотары из коричневого и зеленого цвета. За счет тщательного анализа рынка и желаний потребителей, а также развитой системы маркетинга и сбыта за короткое время предприятие заключило контракты с ведущими производителями алкогольной и безалкогольной продукции в регионе. Среди них можно выделить АО ИП «Эфес Караганда Пивоваренный завод».(Казахстан), «Carlsberg» (Казахстан), ООО «UzCarlsberg», Агрофирма «Мехнат», ООО «Praga-Pivo» (Самарканд), ОАО «Tashkentvino», СП «Inter-Rohat», СП «Far Vab», ООО ПТК «Farovon», ОАО «Узбекистон Шампани». Весьма немаловажным фактом значимости компании в регионе является значительный объем экспорта ОАО «Асл Ойна». Компания имеет опыт сотрудничества с предприятиями Туркмении, Казахстана и Киргизии. На предприятии действует Система Менеджмента Качества по международному стандарту ISO 9001:2008.

Проектная мощность предприятия составляет около 124,6 млн. единиц стеклотары в год. Численность персонала – около 300 человек. Номенклатура выпускаемой продукции:

- бутылки для тихих и игристых вин, коньяка и пива из цветного и бесцветного стекла ёмкостью от 250 мл до 1000 мл;
- банки для консервирования овощей и фруктов из бесцветного стекла ёмкостью от 250 мл до 1000 мл;
- бутылки для водки из бесцветного стекла ёмкостью от 250 мл до 1000 мл;
- бутылки для соков и прохладительных напитков из цветного и бесцветного стекла ёмкостью от 250 мл до 1000 мл;

Среди других узбекских производителей стеклотары отмечаются компания «Компалия» и «Кварц». По оценкам специалистов потребность Республики Узбекистан в стеклотаре, при одноразовом её использовании составляет сегодня 650 млн единиц.

3. Требования, предъявляемые к готовой продукции.

Понятие о хозяйственных – бытовых стеклах.

Виды хозяйственно бытовых стекол.

В производстве сортовых изделий применяется несколько видов стекол. В таблице 3.1 приведена классификация видов стекол «Посуда и декоративные изделия из стекла. Термины и определения видов стекол, способов выработки и декорирования».

Таблица 3.1

Классификация стекол

Термин	Определение
Натрий – кальций - силикатное стекло	Бесцветное стекло, содержащее в основном оксиды SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO .
Специальное бытовое стекло	Натрий – кальций - силикатное стекло, содержащее специальные добавки оксидов и обладающее заданными физико-химическими свойствами.
Хрустальное стекло	Бесцветное стекло, содержащее в основном, SiO_2 , а количества оксидов PbO , BaO , K_2O , ZnO в отдельности или в сочетании не менее 10%, имеющее показатель преломления не менее 1, 520 и плотность не менее 2400 кг/м^3 .
Малосвинцовый хрусталь	Хрустальное стекло, содержащее от 18 до 24% PbO , имеющее показатель преломление не менее 1,530 и плотность не менее 2700 кг/м^3 .
Свинцовый хрусталь	Хрустальное стекло, содержащее от 24 до 30% PbO , имеющее показатель

	переломления не менее 1,545 и плотность не менее 2900 кг/м ³ .
Высокосвинцовый хрусталь	Хрустальное стекло, содержащее 30% и более PbO, имеющее показатель преломления более 1,545 и плотность более 2900 кг/м ³ .
Бариевый хрусталь	Хрустальное стекло, содержащее не менее 20% BaO и оксиды щелочных металлов, имеющее показатель преломления не менее 1,530 и плотность не менее 2700 кг/м ³ .
Цветное стекло	Прозрачное или непрозрачное стекло, способное пропускать волны определенной длины или диффузно рассеивать свет и содержащее красители, глушители или их смеси.

По межгосударственному стандарту ГОСТ 30407-96 «Посуда и декоративные изделия из стекла» изделия сортового стекла в зависимости от размеров и вместимости подразделяются на четыре группы (таблица № 3.2). Группа изделий определяется по наибольшему параметру в соответствии с функциональными назначением.

Таблица 3.2

Параметры и размеры изделий

Группа изделий	Высота, мм	Диаметр или длина, мм	Полная вместимости, см ³ ,
Мелкий	До 140 включительно	До 100 включительно	
Средние	Более 150 до 240	Более 105 до 500	Более 250
Крупные	до 340	Более 510 до 1500	
Особо крупные	Более 350		Более 1500

Классификация изделий производится по назначению, видам стекол, способам выработки, сложности конфигурации, способам декорирования. В соответствии с новой нормативно-технической документацией изделия по назначению делятся на посуду и декоративные изделия из стекла.

Изделия изготавливают в соответствии с ГОСТами: ГОСТ 4.75—82 «Посуда сортовая из стекла. Номенклатура показателей», по качеству изготовления посуда из натрий-кальций-силикатного стекла должна соответствовать требованиям ГОСТ 26821—86. Стандарты ограничивают возможные дефекты изделий. Контроль качества посуды из стекла осуществляют по ГОСТ 26821 — 86, ГОСТ 1770—74, ГОСТ 23676—79. Маркировка и упаковка должна соответствовать требованиям стандартов по ГОСТ 8273 —75.

Требования ГОСТ 30407-96 «Посуда и декоративные изделия из стекла» (введен в действие 01.01.1998 г.) к готовой продукции приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Требования ГОСТ 30407-96 «Посуда и декоративные изделия из стекла» (введен в действие 01.01.1998 г.) к готовой продукции (стакан для напитков, чая)

№	Параметр	Показатель
1	Водостойкость изделий	Не ниже IV гидролитического класс (4-98)
2	Термостойкость выдувные изделия прессованные	не разрушаться при перепаде температур 95-70-20 °С при перепаде температур 95-60-20 °С
3	Сколы, прорезанные грани, прилипшие кусочки стекла, сквозные посечки, инородные включения, имеющие вокруг себя трещины и просечки	не допускаются
4	Декоративное покрытие, нанесенное на внутреннюю поверхность изделий	Кислотостойкое

В соответствии с ГОСТ 30407-96 на изделиях допускаются не портящие товарного вида:

- Обработанные сколы;
- Редко расположенная сыпь;
- Редко расположенная «мошка»;
- Пузырь в видер серпика в местах соединения отдельных частей изделий и декоративных изделий;
- Переоплавленные края;
- Следы нарушения поверхности;
- Следы от форм и ножниц;
- Следы дистировким и полировки;
- Недоведение и удлинение линий рисунка;
- Дефекты декорированоя препаратами драгоценных и других металлов, люстровыми и силикатными красками;
- Крученость в изделиях механизированной выработки;
- Утолщение с одним выступом на верхнее стаканов из натрий-кальций-силикатного стекла;
- Волнистость поверхности граней;
- Отступление от рисунка от эталона образца, вызванное необходимостью устранения дефектов.

Количество и размеры закрытых и открытых пузырей по внешней поверхности изделий согласно требованиям ГОСТ30407-96 приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Количество и размеры закрытых и открытых пузырей по внешней поверхности изделий

Размеры пузырей, мм	Группа изделий	Количество пузырей,шт.
Свыше 1,0 до 2,0 включительно	Мелкие	4
	Средние	5
	Крупные	6

	Особо крупные	8
Свыше 2,0 до 3,0 включительно	Мелкие	не допускаются
	Средние	1
	Крупные	5
	Особо крупные	7
Свыше 3,0 до 5,0 включительно	Мелкие	не допускаются
	Средние	не допускаются
	Крупные	1
	Особо крупные	2

Общее количество пузырей на одном изделии для мелких – не более 4 шт.. для средних – не более 5, для крупных – не более 9. Количество и размеры инородных включений, не имеющих вокруг себя трещин и просечек, не должны превышать значений, приведенных в таблице

Таблица 3.5

Размеры разрешенных инородных включений

Размер инородного включения, мм	Группа изделий	Количество включений, шт.
До 1,0 включительно	Мелкие	1
	Средние	3
	Крупные	4
	Особо крупные	5
Свыше 1,0 до 2,0 включительно	Мелкие	1
	Средние	2
	Крупные	2
	Особо крупные	3

На декорированных цветной крошкой участках разрешаются не портящие внешнего вида инородные включения размером не более 1 мм в количестве не более 3 шт. для мелких и средних изделий, не более 5 шт. – для крупных и особо крупных изделий.

Как показал анализ данных по структуре ассортимента стеклянной бытовой посуды, реализуемой в торговой сети г. Ташкента, наибольший удельный вес по количеству и по сумме реализованных товаров составила группа столовой посуды (20 % по сравнению с 6 % удельного веса столовой посуды), так как этот товар пользуется наибольшим спросом у покупателей.

К стеклянной посуде относятся изделия, используемые в быту, сфере общественного питания для приготовления пищи, напитков и сервировки стола.

По способам выработки изделия разделяются на изделия ручного выдувания, механизированного выдувания, прессованные, прессовывудный, изделия сочлененные, центрифугированной выработки, моллированные, изделия из накладного стекла.

По сложности конфигурации бывают изделия, имеющие сосуд простой и сложной конфигурации; изделия на воронкообразной, прямой и фигурной ножке; изделия с утолщенным дном, с заливом, изделия на поддоне; рюмочные изделия на массивной ножке.

По способам декорирования изделия подразделяются на декорированные в горячем и холодном состоянии. Декорирование в горячем состоянии включает получение изделий свободного выдувания, изделий с орнаментом, оптическим эффектом, наводкой, рельефами, газовыми и инородными включениями, изделий краткие. Изделия из стекла, декорированные в холодном состоянии, подразделяются на изделия с плоской и алмазной гранью, матовой шлифовкой, гравированные, с пескоструйной обработкой, декорированный травлением, с поверхностными покрытиями.

В ассортиментной структуре сортовой посуды отечественного производства наибольший удельный вес приходится на стаканы (66-67%) затем изделия на ножке (16-17%).

4. Теоретические основы физико – химических процессов при производстве стекломатериалов.

4.1. Процесс измельчения.

Важнейшим процессом в технологии производства стеклоизделий является процесс измельчения. Измельчение позволяет подготовить сырьевые материалы, перевести их в химически активное состояние и подготовить их к химическому взаимодействию при дальнейшей тепловой обработке. Конечная цель измельчения – получение тонкодисперсного по составу материала или гомогенной смеси разнородных материалов.

Эффективность измельчения характеризуется степенью измельчения (i), которая представляет собой отношение диаметра самых крупных кусков, поступающих на измельчение (D) к диаметру самых крупных кусков, прошедших измельчение (d)

$$i = D/d$$

В зависимости от типа измельчителя и свойств измельчаемого материала степень измельчения может меняться от 2-5 до 50-100 и более. Выбор схемы измельчения определяется свойствами материала. В большинстве случаев измельчение производится в два этапа: грубое дробление и тонкий помол.

Измельчение – это разрушение твёрдого материала под действием внешней нагрузки. Методы измельчения – раздавливание, раскалывание, удар, излом и истирание. Раздавливание материала происходит после перехода напряжений за предел прочности на сжатие. Раскалывание же происходит за счёт расклинивания кусков и последующего разрыва вследствие возникновения в материале напряжений растяжения. Ударное измельчение происходит в результате действия динамических нагрузок, излом материала происходит в результате его изгиба, а также истирание обусловлено действием деформации сдвига на внешние слои материала.

Чем выше степень измельчения, чем меньше размер частиц, тем больше работа измельчения и, соответственно, расход энергии. Энергозатраты на тонкий помол материала примерно в 15-20 раз выше, чем на грубое дробление.

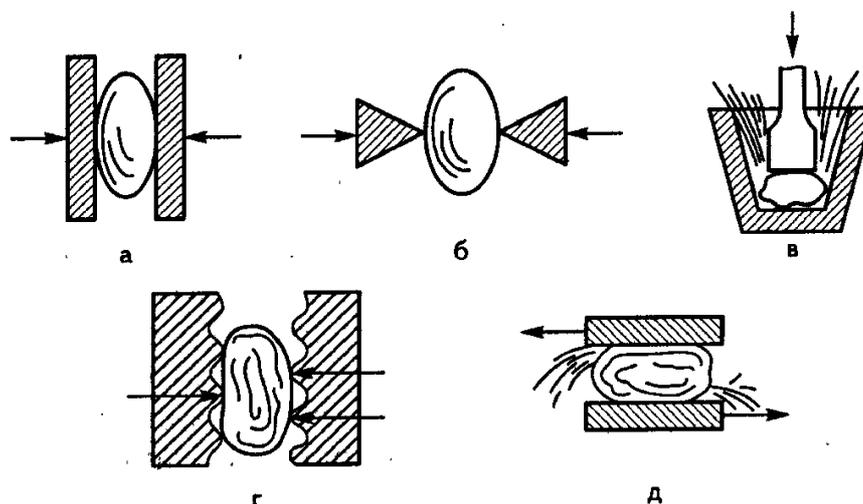


Рис. Виды измельчения: а – раздавливание, б – раскалывание, в- удар, г – излом, д – истирание.

Цель дробления – уменьшение размеров кусков сырья до такой степени, при которой последующий их помол осуществляется с наименьшей затратой электроэнергии. На дробление обычно поступают куски сырья размером до 1000 мм. После дробления продукт измельчения состоит из частиц с размером не более 25 мм.

В щековых дробилках материал измельчается раздавливанием, раскалыванием и частичным истиранием в пространстве между щеками при их периодическом сближении. Конусные дробилки измельчают материал раздавливанием в основном за счет излома между двумя усеченными конусами, из которых внешний неподвижен, а внутренний вращается эксцентрично по отношению к внешнему конусу. Валковые дробилки раздавливают и истирают непластичные материалы вращающимися навстречу друг другу с разной скоростью валками. В молотковых дробилках материал измельчается ударом молотков, а также истиранием.

Выбор схемы дробления и оборудования определяется свойствами измельчаемого материала. Энергоемкость процесса измельчения определяется принципом: «не измельчать ничего лишнего».

4.2. Процесс варки стекла.

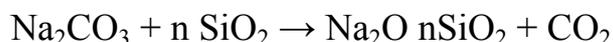
Теоретические основы варки стекла.

Стеклообразование является сложным гетерогенным процессом. В связи с этим рассмотрим основные принципы протекания процессов взаимодействия компонентов в гетерогенных системах.

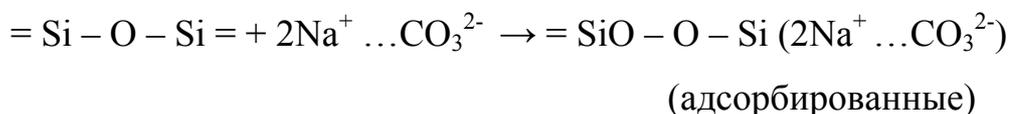
Компоненты реакционной смеси в гетерогенных системах распределены в двух или нескольких фазах. Кинетические особенности этих систем в значительной степени определяются местом протекания реакции и характером переноса веществ. Процесс взаимодействия компонентов протекает в несколько последовательных стадий, имеющих как химическую, так и физическую природу.

Скорость гетерогенного процесса определяется скоростью наиболее медленной стадии. Если медленной стадией является химическое взаимодействие, предельную область гетерогенного процесса принято называть кинетической. Если же медленной стадией процесса является подвод реагентов к поверхности или отвод продуктов реакции, то скорость процесса определяется скоростью диффузии. Эту предельную область гетерогенного процесса называют диффузионной. Если скорости отдельных стадий сравнимы между собой, процесс протекает в переходной области и наблюдаемая скорость реакции определяется как условиями диффузии, так и истинной кинетикой реакции на активной поверхности.

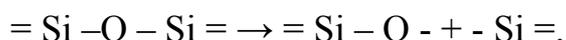
Один из основных процессов стекловарения – взаимодействие SiO_2 с расплавом Na_2CO_3 с образованием стеклообразующего расплава. Данного гетерогенного процесса характерно наличие агломератов, сохраняющих индивидуальность в ходе процесса (частицы растворяющегося SiO_2). Состояние агломератов непрерывно по изменяется во времени, так как непрерывно меняются поверхность, диффузионное сопротивление и другие факторы. Реакции силиката и стеклообразования можно представить в обобщенном виде:



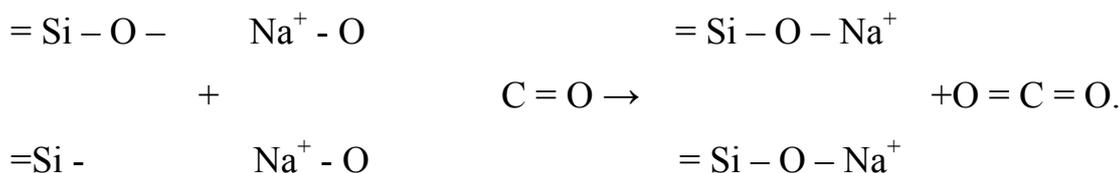
Выявленный на основе экспериментальных исследований механизм этого взаимодействия можно представить следующим образом. Атака ионов расплава кристаллической решетки SiO_2 приводит к образованию активного поверхностного комплекса и направленному энергетическому взаимодействию, которое концентрируется в области связи $\text{Si} - \text{O}$,



При этом значительно увеличивается колебательная энергия атомов, что приводит к разрыву связи,



Образовавшиеся поверхностные радикалы активно взаимодействуют с адсорбированными структурными единицами расплава



Данное взаимодействие делает возможной перегруппировку связей в анионах CO_3^{2-} с образованием нейтральных молекул CO_2 . Вследствие неравномерного развития фронта реакции выделение CO_2 способствует отрыву структурных групп и блоков от поверхности SiO_2 и переносу их в объем расплава, где продолжается взаимодействие с избытком атакующего реагента и окончательно формируется структура расплава.

Даже краткое рассмотрение одного из процессов взаимодействия, протекающего при стекловарении, показывает его сложность. При варки же промышленных стекол процессы взаимодействия неизмеримо усложняются из – за многокомпонентности шихт этих стекол.

Из – за недостаточной изученности процессов, происходящих при варке стекла, обычно весь процесс выработки стекломассы условно разделяют на пять этапов (или стадий). Характеризующихся приближенными укрупненными показателями.

1. Силикатообразование. К концу этапа большинство газообразных веществ из шихты улетучилось, составляющие части претерпели ряд физических и химических изменений, основные химические реакции между твердыми компонентами шихты закончены. К концу силикатообразования шихта превращается в спекшуюся массу, состоящую из силикатов и кремнезема. Для натрий – кальций – кремнеземистых стекол этап завершается при температуре 800 – 900 °С.

2. Стеклообразование. Этап характеризуется тем, что к концу его стекломасса становится прозрачной. В ней нет непроваренных частиц шихты, однако она еще пронизана большим числом пузырей, свилей и продолжает оставаться химически неоднородной. Для технических стекол данный этап завершается при температуре 1150 – 1200 °С.

3. Осветление. Для технических стекол осветление завершается при температуре 1400 – 1550 °С при вязкости стекломассы 7 – 20 Па с. Стеклomасса, становясь менее вязкой, освобождается от видимых газообразных включений.

4. Гомогенизация. Стеклomассу длительное время выдерживают при высоких температурах или перемешивают. К концу этапа она освобождается от свилей и становится однородной. Гомогенизация технических стекол протекает одновременно с осветлением.

5. Охлаждение стекломассы. Температуру стекломассы снижают на 200 – 300 °С, чтобы получить необходимую вязкость.

Несмотря на ряд отличий одного этапа от другого, все они настолько тесно связаны, что практически некоторые из них протекают одновременно.

Последовательность или одновременность этапов процесса зависит от технологических режимов варки и конструкции стекловаренных печей.

5. Характеристика сырьевых материалов и требования, предъявляемые к ним.

Сырьевые материалы, применяемые при производстве сортового стекла и требование, предъявляемые к ним приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1.

Требования, предъявляемые к сырьевым материалам

Наименование сырья, марка.	НД	Показатели, обязательные для проверки.	Норма с допускаемыми отклонениями.	
1	2	3	4	
Кварцевый песок обогащен. Марки ВС-30-В; Кв. песок небогащен. Марка «Т»	ГОСТ 22551	(SiO ₂), (Fe ₂ O ₃), (Al ₂ O ₃). Массовая доля влаги, не более	«ВС-030-В» 98,5% 0,03% 0,6% 0,5%	«Т» 95,0±0,5% Не норм Не более 4,0±0,5% 7,0%
Сода кальцинированная. Техническая марка Б, сорт: 1.	ГОСТ 5100	Внешний вид. (NaCO ₃) (NaO, Массовая доля потерь при прокаливании. (NaCl) (Fe ₂ O ₃) Массовая доля нерастворимых веществ в воде. (Na ₂ SO ₄)	Порошок белого цвета Не менее 99% Не менее 98,2%. Не более 0,8%. Не более 0,5%. Не более 0,003%.	

			Не более 0,04%	
			Не более 0,05%.	
Доломит кусковой для стекольной промышленности. М. ДК – 19 – 0,05. ДК – 18 – 0,40.	ГОСТ 23672	(MgO, (FeO, (CaO, (SiO ₂), (Al ₂ O ₃), Массовая доля влаги,	ДК-19-0,05	ДК-18-0,40
			19,0%. 0,05%. 32,0%. 1,5%. 1,0%. 7,0%.	18%. 0,40%. 34,0%. 5,0%. 2,5%. 7,0%.
Глинозем. Марка Г- 00	ГОСТ 30558	Внешний вид. (SiO ₂) (Fe ₂ O ₃) (Na ₂ O+K ₂ O) Потери массы при прокаливании, (300-1100 ⁰ С)	Кристаллический гигроскопичный порошок белого цвета. Не более 0,02%, Не более 0,01%, Не более 0,3%, Не более 0,6%,	
Селен Марка СТ 1 (порошок,брикеты)	ГОСТ10298	Внешний вид Крупность частиц Селен	Порошок черного цвета. 0,63 мм, 99,0%,	
Купорос медный марка А сорт 1	ГОСТ19347	Внешний вид	Порошок или гранулы голубого цвета.	

		(CuSO ₄ 5H ₂ O) (CuO) (FeO) (H ₂ SO ₄) Массовая доля нерастворимого в воде остатка.	98%. 24,94%. 0,04%. 0,25%. 0,05%.
Натрий сернокислый, марки А, Б	ГОСТ 6318	(NaCl) (CaSO ₄) (MgO) (Fe ₂ O ₃) (H ₂ O).	1,2%, Не нормируется, 0,2%, 0,03%, 4,0%.
Натрий азотнокислый технический Марка Б	ГОСТ 828	Внешний вид. (NaNO ₂) (H ₂ O) (NaCl) (NaNO ₂) Нерастворимых веществ	Белые прозрач. кристаллы с сероватым или желт. оттен 99,5%, 0,5%, 0,3%, 0,2%, 0,03%,
Стеклобой привозной	Положение о стеклобое	Вид стеклобая Присутствие стекол из других групп, Присутствие в стеклобое	Бесцветный д/бесцветного стекла, зеленый д/зеленого стекла, коричневый д/коричневого стекла тарный, Допускается: присутствие стекол из других групп не более 2%, Допускается: Песка и глины не более

		посторонних примесей.	2%, корковых пробок и бумаги и др. органических примесей не более 2%.
--	--	-----------------------	---

Все сырьевые материалы, используемые для производства стекла, условно делятся на главный и вспомогательные. Главные сырьевые материалы создают основу стекла и состоят из оксида алюминия, кислотных, щелочных, щелочноземельных и других оксидов, непосредственно определяющих свойства стекла.

Вспомогательные сырьевые материалы представляют собой различные соединения, придающие стекломассе и стеклу те или иные свойства либо влияющие на технологические процессы получения стекломассы. К этой группе относятся осветлители, обесцвечиватели, красители, глушители, окислители, восстановители, ускорители.

Основными стеклообразующими оксидами являются кислотные – SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 . Кремнезем SiO_2 – главная составная часть промышленных силикатных стекол. В состав различных силикатных стекол входит 55 – 75% (SiO_2). Для ввода кремнезема в производстве силикатных стекол обычно используют кварцевые пески, зерновой состав которых регламентируется. Кварцевые пески должны содержать не менее 95% SiO_2 , и ограниченное количества красящих примесей. Помимо красящих примесей, в кварцевых песках могут быть оксиды Al, Ca, Mg, Na, K, которые должны учитываться при расчете состава шихты.

Красящие примеси придают стеклу нежелательную окраску. К ним относятся оксиды железа, титана, хрома, ванадия, марганца. Наиболее распространен среди окрашивающих примесей оксид железа, присутствующий практически во всех песках.. Fe_2O_3 окрашивает стекло в желтовато – зеленый цвет. При варке стекол часть Fe_2O_3 переходит в FeO . Соотношение между Fe_2O_3 и FeO определяется окислительно – восстановительными условиями синтеза, температурой и составом стекломассы. При обычных условиях варки преобладает Fe_2O_3 , а в восстановительной среде FeO . Оксид FeO окрашивает стекло в синевато –

зеленый цвет, причем степень окрашивания этим оксидом примерно в 15 раз сильнее, чем Fe_2O_3 .

В кварцевых песках, используемых в стекловарении, допускают содержание оксида железа 0,01 – 0,25%. Это связано с ограничением содержания Fe_2O_3 в стеклах в зависимости от их типа: оптическое стекло – менее 0,01%; хрусталь – 0,01 – 0,015%; техническое стекло – 0,03 – 0,07%; оконное стекло – 0,05 – 0,10%; стеклотара – 0,05 – 0,25%.

Размеры зерен в песках должны находиться в пределах 0,1 – 0,8 мм. Зерен крупнее 0,8 мм должно быть не свыше 5% и мельче 0,1 мм – не более 5%.

К амфотерным оксидам относится Al_2O_3 , но в большинстве силикатных стекол он играет роль кислотного оксида подобно кремнезему. Al_2O_3 вводится в стекла техническим глиноземом, гидроксидом алюминия $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, полевыми шпатами, пегматитом, каолином.

Полевые шпаты бывают натриевые $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (альбит) калиевые $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (ортоклаз), и смешанные натриево – калиевые. Каолин имеет состав $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, обычно содержит значительное количество примесей.

В производстве стекла используют нефелиновый концентрат, получающийся при переработке апатито – нефелиновой руды. Он содержит не менее 29% Al_2O_3 , Однако включает примеси Fe_2O_3 . Отходом горнобогатительных фабрик является также полевошпатовый концентрат.

Из щелочных оксидов наиболее часто используются Na_2O и K_2O . Оксид натрия вводится в состав стекла содой Na_2CO_3 и сульфатом натрия Na_2SO_4 . В стекловарении обычно используют безводную, кальцинированную соду. Сода может быть природная и искусственная. Сульфат натрия применяется как добавка к соде 5 – 15% от количества соды. Он способствует осветлению стекломассы при варке. Сульфат натрия также бывает природный (мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, тенардит Na_2SO_4) и искусственный. Сырьем для ввода оксида калия служит поташ K_2CO_3 и селитра KNO_3 . Иногда используют содовопоташную смесь – побочный продукт переработки нефелинового

концентрата. Поташ различают кристаллический $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ и кальцинированный K_2CO_3 . Безводный поташ очень гигроскопичен.

Из оксидов щелочноземельных металлов наиболее широко применяются в стекловарении CaO и MgO . Оксид кальция вводится природным карбонатом кальция в виде мела, мрамора, известняка или через доломит. В последнем случае вместе с в состав стекол входит и оксид магния. Мел представляет собой мягкую осадочную породу. Основного вещества в нем должно содержаться не менее 98%, а примесей – не более 0,2%. Мрамор – горная порода, отличающаяся самым высоким содержанием основного вещества (99 – 99,5%).

Известняки – осадочная горная порода со значительным колебанием состава. Для стекловарения применяют известняки, содержащие не менее 95% основного вещества и не более 0,2% оксида железа.

Для ввода оксида магния используют доломит и магнезит. Доломиты характеризуются резко переменным составом. Пригодность их для производства стекла определяется прежде всего содержанием оксида железа, не более 0,3%.

Как уже отмечалось, в сырьевых материалах содержатся примеси, которые придают стеклу нежелательный оттенок. Для устранения его или ослабления применяют обесцвечиватели. Различают физические, химические и смешанные обесцвечиватели. Сущность физического обесцвечивания состоит в окрашивании стекломассы в цвет, дополнительный к зеленому. При этом общая прозрачность стекла снижается. Для физического обесцвечивания используют селен, оксиды никеля, кобальта, ниодима, церия. В большинстве случаев эти оксиды применяют не в чистом виде, а в сочетаниях. Так, хорошим обесцвечивателем является селен совместно с оксидом кобальта, синяя окраска оксида кобальта компенсирует слегка желтоватую окраску, получаемую при добавлении селена. Селен придает стеклу большую прозрачность, чем другие красители. Оксид никеля используют в сочетании с селеном и оксидом кобальта. Химическое обесцвечивание основано на переводе оксида железа в оксид железа, который по сравнению с ним дает в 15 раз менее интенсивное окрашивание. Но при этом полного обесцвечивания не происходит.

6. Материальный баланс производства.

Расчет материального состава стекла:

Задан химический состав сортового стекла:

SiO₂ - 73%

Na₂O – 13,5%

K₂O – 2%

CaO – 7%

MgO – 2, 5%

Al₂O₃ - 2%

Для получения бесцветного стекла были выбраны следующие сырьевые материалы: песок Джеройского сода КГСЗ, доломит Гузарского, известняк Джизакский. поташ и технический глинозем. Химический состав сырья приведен в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Содержание оксидов, масс.								
	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ППП	Итого
Песок (х) Джеройского месторождения	98,2	0,3	0,5		0,2	0,2	0,07		99,87
Сода (у) Кунгирадский содовый завод		57,2						42,8	10
Поташ (z)			65,74					34,26	100
Доломит (w) Гузарский месторождения	1,5	0,1		31	20	0,8	0,1	46,5	100
Известняк (d) Джизакский месторождения	0,21			54,81	0,69	0,22	0,13	43,52	99,58
Технический глинозем (е)	0,40			0,35		97,9	0,05	1,29	99,99

98,2 – 99,87%

x- 100%

$x = 98,2 \cdot 100 / 99,87 = 98,327$ (SiO₂)

0,21 – 99,58%

x- 100%

$x = 0,21 \cdot 100 / 99,58 = 0,211$ (SiO₂)

0,22 – 99,58%

x- 100%

$x = 0,22 \cdot 100 / 99,58 = 0,22$ (Al₂O₃)

54,81 – 99,58%

x- 100%

$x = 54,81 \cdot 100 / 99,58 = 55,04$ (CaO)

0,69 – 99,58%

x- 100%

$x = 0,69 \cdot 100 / 99,58 = 0,69\%$ (MgO)

0,13 – 99,58

x- 100%

$x = 0,13 \cdot 100 / 99,58 = 0,13$ (Fe₂O₃)

Таблица 6.2

Химический состав сырьевых материалов, приведенный к 100 %

Сырьевые материалы	Содержание %								
	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ППП	Итого
Песок (x) Джеройского месторождения	98,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,07		100 %
Сода (y) Кунгирадский содовый завод		57,2						42,8	100 %
Поташ (z)			65,74					34,26	100 %

Доломит (w) Гузарский месторождения	1,5	0,1		31	20	0,8	0,1	46,5	100 %
Известняк (d) Джизакский месторождения	0,21			55,04	0,70	0,22	0,13	43,70	100 %
Технический глинозем (e)	0,40			0,35		97,91	0,05	1,29	100 %

Для SiO₂

$$0,983 x + 0,015 w + 0,0021 d + 0,004 e = 73$$

Для Al₂O₃

$$0,002 x + 0,008 w + 0,0022 d + 0,9791 e = 2$$

Для K₂O

$$0,005 x + 0,6574 z = 2$$

Для Na₂O

$$0,003 x + 0,572 y + 0,001 w = 13,5$$

Для CaO

$$0,004 x + 0,31 w + 0,5504 d + 0,0035 e = 7$$

Для MgO

$$0,002 x + 0,2 w + 0,007 d = 2,5$$

<p>Для SiO₂ :</p> $0,983 x + 0,015 \cdot 11,56 + 0,0021 \cdot 5,65 + 0,004 \cdot 1,78 = 73$ $0,983 \cdot x = 73 - 0,19 = 72,81$ $x = 72,81 : 0,983 = 74,07 \text{ (кварцевый песок)}$	<p>Для K₂O:</p> $0,005 \cdot 74,06 + 0,6574 z = 2$ $0,37 = 1,63 : 0,6574 = 2,48 \text{ (поташ)}$
<p>Для Na₂O :</p> $[(0,003 \cdot 73) - (0,003 \cdot 70)] + 0,572 y = 13,5$ $0,572 y = 13,5 - 0,009 = 13,491$	<p>Для MgO :</p> $[(0,002 \cdot 73) - (0,002 \cdot 70)] + 0,2 + 0,007 w = 2,5$ $0,2 w = 2,5 - 0,006 = 2,494$

$y = 13,491 : 0,572 = 23,6$ (сода)	$w = 2,494 : 0,2 = 12,5$ (доломит)
<p>Для CaO</p> $[(0,004\ 73) - (0,004\ 70)] + 0,31\ 12,5 + 0,5504\ d = 7$ $0,5504\ d = 7 - 3,9 = 3,1$ $d = 3,1 : 0,5504 = 5,6$ (известняк)	<p>Для Al₂O₃</p> $[(0,002\ 73) - (0,002\ 70)] + 0,008\ 12,5 + 0,0022\ 5,6 + 0,9891\ e = 2$ $0,9891\ e = 2 - 0,12 = 1,88$ $e = 1,88 : 0,9891 = 1,9$ (глинозем)
<p>Для Na₂O</p> $0,003\ 74,06 + 0,572\ y + 0,001\ 12,5 = 13,5$ $0,572\ y = 13,5 - 0,2345 = 13,27$ $y = 13,27 : 0,572 = 23,19$ (сода)	<p>Для MgO :</p> $0,002\ 74,06 + 0,2 + 0,007\ 5,6 = 2,5$ $0,2 = 2,5 - 0,1873 = 2,31$ $= 2,31 : 0,2 = 11,56$ (доломит)
<p>Для CaO</p> $0,004\ 74,06 + 0,31\ 11,56 + 0,5504 + 0,0035\ 1,9 = 7$ $0,5504 = 7 - 3,89 = 3,11$ $= 3,11 : 0,5504 = 5,65$ (известняк)	<p>Для Al₂O₃</p> $0,002\ 74,06 + 0,008\ 11,56 + 0,0022\ 5,65 + 0,9791\ e = 2$ $0,9791\ e = 2 - 0,25 = 1,75$ $e = 1,75 : 0,9791 = 1,78$ (глинозем)
<p>Для SiO₂</p> $0,983\ x + 0,015\ 11,56 + 0,0021\ 5,65 + 0,004\ 1,78 = 73$ $0,983\ x = 73 - 0,19 = 72,81$ $x = 72,81 : 0,983 = 74,07$ (кварцевый песок).	

С кварцевом песком : 74,07%

100% - 98,33

74,07% - x

$$x = 74,07 \cdot 98,33 / 100 = 72,83 \text{ (SiO}_2\text{)}$$

Na₂O (содой) : 0,3%

$$100\% - 0,3$$

$$74,07 - x$$

$$x = 74,07 \cdot 0,3 / 100 = 0,22 \text{ (Na}_2\text{O)}$$

: 0,5%

$$100\% - 0,5$$

$$74,07 - x$$

$$x = 74,07 \cdot 0,5 / 100 = 0,37$$

: 0,4%

$$100\% - 0,4$$

$$74,07 - x$$

$$x = 74,07 \cdot 0,4 / 100 = 0,3$$

: 0,2%

$$100\% - 0,2$$

$$74,07 - x$$

$$x = 74,07 \cdot 0,2 / 100 = 0,15 \text{ ()}$$

: 0,2%

$$100\% - 0,2$$

$$74,07 - x$$

$$x = 74,07 \cdot 0,2 / 100 = 0,15 \text{ ()}$$

: 0,07%

$$100\% - 0,07\%$$

$$74,07 - x$$

$$x = 74,07 \cdot 0,07 / 100 = 0,05 \text{ ()}$$

С содой : 23,19 \text{ ()}

$$100\% - 57,20$$

$$23,19 - x$$

$$x = 23,19 \cdot 57,20 / 100 = 13,26 \text{ ()}$$

С поташ : 2,48 %

100% - 65,74

2,48 - x

$$x = 2,48 \cdot 65,74 / 100 = 1,63 \text{ ()}$$

С доломит: 11,56%

100% - 1,5

11,56 - x

$$x = 11,56 \cdot 1,5 / 100 = 0,17 \text{ ()}$$

100% - 0,1

11,56 - x

$$x = 11,56 \cdot 0,1 / 100 = 0,01 \text{ ()}$$

100% - 31

11,56 - x

$$x = 11,56 \cdot 31 / 100 = 3,58 \text{ ()}$$

100% - 20

11,56 - x

$$x = 11,56 \cdot 20 / 100 = 2,31 \text{ ()}$$

100% - 0,8

11,56 - x

$$x = 11,56 \cdot 0,8 / 100 = 0,09 \text{ ()}$$

100% - 0,1

11,56 - x

$$x = 11,56 \cdot 0,1 / 100 = 0,01 \text{ ()}$$

Известняк 5,65%

100% - 0,21

5,65 - x

$$x = 5,65 \cdot 0,21 / 100 = 0,01$$

100% - 55,04

5,65 - x

$$x = 5,65 \cdot 55,04 / 100 = 3,11$$

100% - 0,70

$$5,65 - x$$

$$x = 5,65 \cdot 0,70 / 100 = 0,04$$

$$100\% - 0,22$$

$$5,65 - x$$

$$x = 5,65 \cdot 0,22 / 100 = 0,01$$

$$100\% - 0,13$$

$$5,65 - x$$

$$x = 5,65 \cdot 0,13 / 100 = 0,007$$

Технический глинозём 1,78%

$$100\% - 0,40$$

$$1,78 - x$$

$$x = 1,78 \cdot 0,40 / 100 = 0,007$$

$$100\% - 0,35$$

$$1,78 - x$$

$$x = 1,78 \cdot 0,35 / 100 = 0,006$$

$$100\% - 97,91$$

$$1,78 - x$$

$$x = 1,78 \cdot 97,91 / 100 = 1,74$$

$$100 - 0,05$$

$$1,78 - x$$

$$x = 1,78 \cdot 0,05 / 100 = 0,0009$$

Таблица 6.3

Состав шихты, расчетный и примесный составы стекла

№	Состав шихты			Содержание %						
	Сырьевые материалы	обозначение	содержание	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	Кварцовый песок	x	74,07	72,83	0,22	0,37	0,3	0,15	0,15	0,05
2	Сода	y	23,19		13,26					
3	Поташ	z	2,48			1,63				
4	Доломит	w	11,56	0,17	0,01		3,58	2,31	0,09	0,01
5	Известняк	d	5,65	0,02			3,11	0,04	0,01	0,007
6	Технический глинозем	e	1,78	0,007			0,006		1,74	0,0009
	Масса шихты,		118,73	73,017	13,49	2	6,996	2,5	1,99	0,0679
	Заданный состав стекла			73	13,5	2	7	2,5	2	0
	Отклонение от заданного			0,017	0,01	0	0,004	0	0,01	0,07

С учетом улетучивания соды необходимо умножить на коэффициент $K= 1,03$.

$$y=23,19 \cdot 1,03=23,89 \text{ мас. \% (сода).}$$

Таким образом в состав шихты на 100 вес.ч стекломассы необходимо ввести:

Песок (Джеройского месторождение) - 74,07 вес.ч.

Сода (Кунгиратского Содовой завод) – 23,89 вес .ч

Доломит (Дехканабадского месторождение) - 11,56 вес.ч

Известняк (Джизакский месторождений) - 5,65 вес.ч

Поташ - 2,48 вес.ч

Технический глинозём - 1,78 вес.ч

Итого : - 119,43 вес.ч.

Выход стекла определяется из следующего соотношения:

119,43 вес.ч шихты – 100 вес.ч стекла

100 вес. ч шихты - x вес.ч стекла

$$x = 100 \cdot 100 / 119,43 = 83,7\%$$

Потери при стеклообразовании определяются по разности между 100% и выходом стекла : $100 - 83,7 = 16,3\%$

Для производства 50 тн сортового стекла в день необходимы следующие компоненты:

Кварцевый песок – 37,04 тн

Сода – 11,95 тн

Доломит – 5,78 тн

Известняк – 2,83 тн

Поташ – 1,24 тн

Технический глинозем – 0,89 тн

Итого: 59,73 тн

7. Выбор технологической системы производства и её описание.

Подготовка сырьевых материалов.

Подготовка сырьевых материалов предусматривает измельчение, разрыхление, сушку, сортирование и обогащение.

Измельчение, сырьевые материалы для приготовления шихты можно измельчать следующими способами:

Ударом (шаровые и аэробильные мельницы, молотковые дробилки), раздавливанием (щековые дробилки, бегуны), раскалыванием (валково – зубчатые дробилки), истиранием (бегуны, шаровые мельницы). Эти способы могут применяться в различных сочетаниях. Например, раздавливание и истиранием – в бегунах, удар и истирание – в шаровых мельницах.

Для грубого измельчения доломита, известняка и других материалов чаще всего применяют щековые дробилки, а для измельчения боя стекла – вальцовые дробилки. Для тонкого измельчения используют бегуны, молотковые шаровые, аэробильные, вибрационные мельницы, дезинтеграторы.

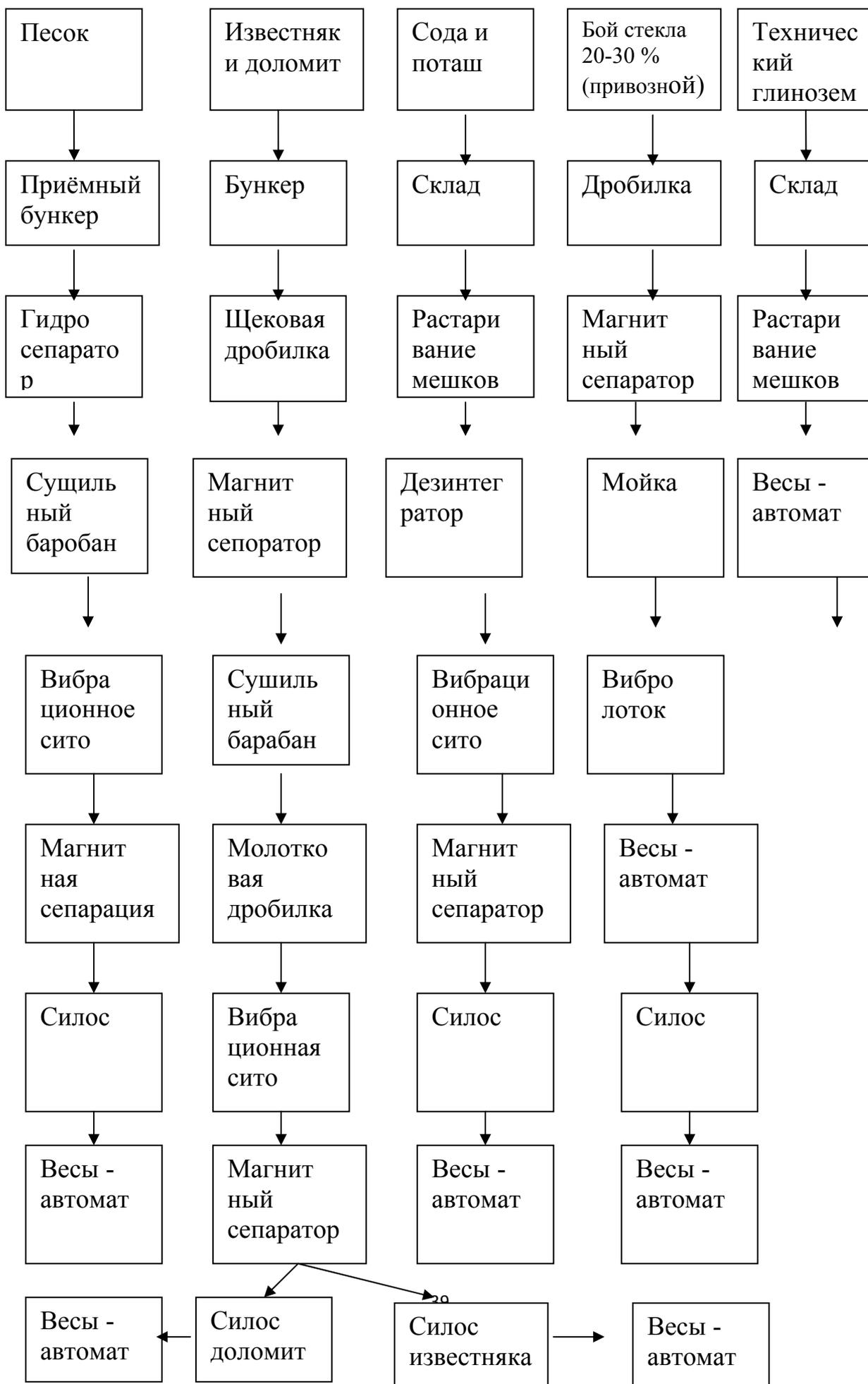
Разрыхление и растаривание. На стекольных заводах применяют также дезинтеграторы и протирочные машины, предназначенные для разрыхления не имеющих твердых включений слежавшихся и скомковавшихся материалов (карбонат натрия, селитра, поташ).

Некоторые сырьевые материалы, например, кальцинированная сода, поступают на стекольные заводы в мешках. В связи с этим важное значение имеет механизация процесса растаривания мешков с одновременным разрыхлением материала при минимальных потерях сырья и отсутствии пыли.

Сушка. На стекольных заводах обычно сушат песок, известковые материалы (мел, известняк, доломит), сульфат натрия. Температура сушки песка 700 – 800 С, мела, известняка и доломита не более 400 С, так как при более высоких температурах начинается их термическая диссоциация.

Наиболее распространен для сушки сырьевых материалов прямоточный сушильный барабан.

Технологическая схема подготовки сырьевых материалов.



При сушке песка во взвешенном состоянии поток горячих газов уносит его в сепаратор, где частицы разделяются по размерам. Мелкие частицы оседают в циклоне. Эффективность сушки во взвешенном состоянии значительно выше, чем в сушильном барабане.

Для сушки сульфата натрия могут быть использованы модернизированные сушильные барабаны или туннельные конвейерные печи.

При сортировании из обрабатываемого материала выделяют и удаляют куски или частицы, размеры которых превышают требуемые, и материал разделяют по размерам на несколько классов. При обогащении из материалов удаляют посторонние примеси.

Существуют следующие способы сортирование и обогащения материалов:

Механический, пневматический, химический, электромагнитный, гидравлический. Наиболее распространено механическое сортирование с помощью машин, снабженных ситами, решетками и колосниками. Все сырьевые материалы стекольного производства просеиваются на плоских качающихся грохотах.

Электромагнитное обогащение применяется для удаления железа из материалов, в которых соединения железа находятся в виде минералов, способных притягиваться магнитом. Электромагнитную сепарацию, как правило, проходят кварцевые пески для производства обесцвеченной стекломассы высокого качества.

Применение мокрых способов обогащения и сортирования материалов требует последующей сушки, после которой возможно вторичное обогащение – электромагнитная сепарация.

8. Выбор оборудования и его технический расчёт.

Аппараты, применяемые для измельчения сырьевых материалов.

Измельчение сырьевых материалов осуществляют на дробильно – помольных машинах различных конструкций и технико – экономических показателей.

Процесс измельчения в зависимости от размеров кусков или частиц конечного продукта подразделяют на дробление и помол следующих видов :

Дробление	Крупное	Среднее	Мелкое	Тонкое
Размер кусков после дробление, мм более.	100	30	3	0,5
Помол	Грубый		Тонкий	
Размер частиц, мм менее	0,5		0,1	

В существующих дробильно – помольных машинах распространенными способами измельчения материалов являются :

Раздавливание, истирание, изгиб, удар или комбинирование перечисленных способов – раздавливание и истирание, раздавливание и изгиб, удар и истирания.

Способы измельчение выбирают в зависимости от физических свойств материала, начальной величины кусков и степени измельчения. Твердость материала характеризуют пределом прочности при сжатии. Для материалов твердых он больше 50 МПа (500 кгс/см²), Средней твердости 10 – 50 МПа (100 – 500 кгс/см²) и мягких – менее 10 МПа (100 кгс/см²).

При выборе дробильно – помольных машин необходимо учитывать :

Эксплуатационные расходы, удельный расход энергии, степень измельчения, свойства материалов (таблица 1), в частности, материалы должны иметь наименьшие сопротивления возникающим в машинах усилиям в виде удара, истирания, изгиба или их комбинации.

Процесс измельчения материалов является весьма сложной операцией и зависит от их однородности, плотности, вязкости, твердости, формы кусков, влажности и т.д. Ученые В.А.Бауман, Г.Г. Егоров, В.Л.Кирпичев, З.Б.Канторович, Б.В.Клушанцев, Л.Б.Левенсон, Б.П.Ромадин, П.А.Ребиндер, и другие внесли большой вклад в создание теории и конструкции дробильно – размольных машин.

Таблица 8.1.

Техническая характеристика материалов применяемых в технологии стекла.

		Предел прочности при			
Материалы	Объемная масса, кг/м ³	Сжатию, МПа(кгс/см ²)	Изгибе, МПа(кгс/см ²)	Истиранию, МПа(кгс/см ²)	Ударе, МН м/м ³ (кгс см/см ³)
Известняки	2630	122,4 (1224)	20(200)	0,124 (1,24)	5,24 (524)
Кварциты	2640	313,3 (3133)		0,018 (0,18)	11,7 (117)
Песчаники	2280	44,7 (447)		0,3 (3)	1,3 (13)

Классификация дробильного оборудования.

Дробильного – помольные машины чрезвычайно разнообразны и могут классифицированы по следующим признакам.

По технологическому назначению :

Машины первичного измельчения, в которые материал поступает непосредственно из склада или карьера;

Машины вторичного измельчения, в которые поступает материал, уже прошедший первичное измельчение.

По величине частиц конечного продукта :

Дробилки – машины, измельчающие материал до величины частиц более 0,5 мм;

Мельницы – машины, измельчающие материал до величины частиц менее 0,5 мм.

По принципу действия и конструктивным особенностям :

Щековые дробилки с простым и сложным движением подвижной щеки;

Первые измельчают материал раздавливанием, а вторые – раздавливанием и истиранием при периодическом приближении подвижной щеки к неподвижной;

Конусные дробилки с подвижным валом и с неподвижной осью;

Эти дробилки измельчают материал раздавливанием и изгибом при постоянном приближении к неподвижному конусу поверхности подвижного конуса, который совершает поступательные движения в горизонтальной плоскости или круговые движения, эксцентричные относительно внутренней поверхности неподвижного конуса;

Валковые дробилки измельчают материал в основном раздавливанием, частично истиранием, ударом или изгибом между двумя вращающимися навстречу друг другу валками с гладкой, рифленой, ребристой или зубчатой поверхностями;

Стругачи измельчают материал ножами, закрепленными на вращающемся горизонтальном или вертикальном диске;

Бегуны измельчают материал раздавливанием и истиранием между цилиндрической поверхностью катков и плоской поверхностью чаши;

Дезинтеграторы измельчают материал ударами быстро вращающихся жестко закрепленных молотков – бил;

Молотковые дробилки измельчают материал ударами и частично истиранием быстро вращающихся шарнирно или жестко закрепленных молотков;

Струйные мельницы измельчают материал в помольной камере в результате ударов летящих навстречу друг другу частиц, поступающих в нее с большой скоростью и под большим давлением;

Кольцевые мельницы измельчают материал раздавливанием и истиранием между криволинейными поверхностями – кольцевой дорожкой и роликами или шарами;

Барабанные вращающиеся и вибрационные мельницы измельчают материал ударами и истиранием свободно падающих мелющих тел, последние поднимаются во вращающемся барабане под действием центробежной силы, а в вибрационных мельницах – в результате вибрации барабана.

Материал измельчается мокрым и сухим способами, в замкнутом и открытом цикле. При замкнутом цикле измельченный материал направляется в сортировочные устройства, откуда куски или частицы недостаточной тонкости возвращаются для повторного измельчения, а материал с необходимой величиной частиц используется по назначению. При открытом цикле измельченный материал направляется в машины или аппараты для дальнейшей переработки или используется как готовый продукт.

Конструкции щековых дробилок.

Дробилки с простым движением подвижной щеки имеют цельнолитую или сборную станину. Последняя состоит из коробчатых литых стальных боковых стенок и торцевых стенок, соединенных стяжными болтами. К стенке болтами, а у дробилки клиньями крепится ребристая рабочая плита. Подвижная щека с дробящей плитой надета на ось, смонтированную в подшипниках.

Дробящие плиты изготавливают из марганцовистой стали (с содержанием 12 – 14% Мп) или отбеленного чугуна, в большинстве составными с криволинейной поверхностью и параллельной зоной внизу. Криволинейная поверхность плит способствует созданию лучших условий для разрушения материала, увеличению производительности дробилок на 10 – 20% и удлинению срока службы плит, а параллельная зона повышает однородность продукта дробления. Рифление плит характеризуется отношением высоты зуба к шагу и принимается от 1:4 до 1:2. Чем меньше шаг зубьев, тем мельче и однороднее продукт дробления. Зубья одной плиты должны находиться против впадин другой, что обеспечивает изгиб материала.

Приводной вал в современной дробилке смонтирован в подшипниках качения. На эксцентриковую часть этого вала надеты подшипники качения, охватываемые головкой шатуна, а на выступающие за подшипники концы – маховики, один из которых является и шкивом. Маховики соединены с эксцентриковым валом многодисковыми фрикционными муфтами. Назначение этих муфт состоит в том, чтобы, не выключая двигателя, вращающего шкив, можно было плавно включить эксцентриковый вал дробилки.

Ведущие диски муфты имеют шлицевое соединение с втулкой, скрепленной болтами с маховиком, а ведомые диски имеют шлицевое соединение с втулкой, которой шпонкой соединена с эксцентриковым валом. Передача вращения от шкива валу осуществляется под действием силы трения, которая возникает между ведущими и ведомыми фрикционными дисками под действием шести пружин, оказывающих на них давление через шайбу.

При подачи масла под плунжер последний перемещается и отжимает шайбу, при этом нарушается сила сцепления между дисками, и эксцентриковый вал останавливается. Эксцентриковый вал изготавливают из специальных сталей – хромоникелевой, хромомолибденовой или ванадиевой, а для небольших машин – из Ст 5.

Регулирование ширины разгрузочной щели осуществляют клиньями или сменой прокладок между стенкой и клином, отжимаемым болтами, и фиксируется клином, который затягивается болтом. При подъеме клина болтами разгрузочная щель уменьшается.

Шатун, связанный с одной стороны с подвижной щекой, а с противоположной стороны – с клином распорными плитами, передает движение подвижной щеки. Распорная плита при попадании в загрузочное отверстие дробилки недробимого предмета должна сломаться раньше, чем другая более ответственная деталь дробилки. Чтобы распорные плиты не выпадали, подвижная щека оттягивается за ось тягой с пружиной сжимаемой гайками. Стяжной гайкой центрируется в проушине тяга, что предохраняет ее от износа. Крупные дробилки оборудуют централизованной автоматической системой

густой и жидкой смазок. Включение дробилки осуществляют с центрального пульта управления. При вращении эксцентрикового вала, когда шатун движется вверх, угол между распорными плитами увеличивается, подвижная щека;

Описывая дуги окружности, перемещается к неподвижной и дробит материал раздавливанием. При движении шатуна вниз угол между распорными плитами уменьшается, подвижная щека под действием собственной массы и оттяжного устройства отходит от неподвижной и раздробленный материал выпадает из дробилки.

В щековых дробилках материал дробится только в течение одной половины оборота эксцентрикового вала. Для выравнивания работы щековой дробилки служат маховики, которые накапливают энергию во время отхода щеки и отдают ее в период дробления. Дробилки с верхним подвесом и простым движением подвижной щеки дают неодинаковый продукт дробления. Однако у этих дробилок на эксцентриковом валу возникают нагрузки меньшие, чем у дробилок других конструкций.

Наибольшее усилие дробления возникает в верхней части загрузочного отверстия дробилки, куда загружают большие куски.

По закону рычага второго рода можно написать:

$$Q_{\max} = T l_1/a_1 ;$$

Здесь $Q_{\max} > T$, что облегчает работу дробилки и уменьшает нагрузку на приводной эксцентриковый вал.

В дробилках со сложным движением подвижной щеки последняя насажена на подшипники эксцентриковой части вала, который шейками установлен в радиально – сферических подшипниках, смонтированных в корпусах. В дробилке имеется одна распорная плита, которая упирается в подвижную щеку и в клин регулировочного устройства.

Навинченные на болты звездочки удерживаются от вертикального перемещения винтами; звездочки охвачены цепью, и при их поворачивании обеспечивается подъем или опускание болтов вместе с клином. При этом клин

перемещается и изменяет ширину разгрузочной щели. Регулирующее устройство, исключающее перекося клиньев, показано. При поворачивании винта клинья отделяются или сближаются. В последнем случае клин подвигает распорную плиту с подвижной щекой и ширина разгрузочной щели уменьшается. Щека оттягивается тягой, на которую надета пружина, сжимаемая гайкой, что предохраняет от выпадания плиты. На концах вала закреплены маховики, один из которых является и шкивом.

В дробилке со сложным движением точки поверхности подвижной щеки описываем в средней части замкнутые эллипсы, верхней части – кривые, близкие к окружностям, а в нижней части – дуги, близкие к прямым линиям. Продольное перемещение подвижной щеки способствует продвижению материала вниз.

Расчёт щековой дробилки.

Щековая дробилка применяется для измельчения известняка и доломита. В сутки необходимо измельчить 9 тн материала. Необходимо произвести расчёт щековой дробилки с подвижной щекой механизмом для дробления материала:

Доломит $2,62 \text{ гр/см}^3$ и известняк $2,80 \text{ гр/см}^3$. Расчёт произведен с большой плотностью $\rho = 2,80 \text{ гр/см}^3 = 2,8 \text{ тн/м}^3$.

Производительность дробилок с сложным движением щеки СМД – 28; $Q = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$, размер кусков материала до дробления $D = 300 \text{ мм}$; размер кусков материала после дробления $D = 100 \text{ мм}$, $d = 60 \text{ мм}$; величина отхода подвижной щеки $S = 15 \text{ мм}$ поправочный коэффициент $m = 0,4$.

Необходимо определить угол захвата, оптимальную угловую скорость эксцентрикового вала, определить конструктивные параметры загрузочного отверстия.

Определение угла захвата.

Для нормальной работы щековой дробилки должно соблюдаться условие:

$$2P \sin a/2 \leq 2P f \cos a/2$$

Или

$f = \operatorname{tg} \gamma$, где γ – угол трения, тогда $a \leq 2\gamma$.

При коэффициенте трения $f = 0,3$ получим,

$$\gamma = \operatorname{arctg} f = \operatorname{arctg} 0,3 = 16^{\circ} 40'.$$

Значит $a \leq 2\gamma \leq 2 \cdot 16^{\circ} 40' \leq 33^{\circ} 20'$. Практический угол захвата принимаем от 15° до 25° ;

для нашего случая принимаем $a = 19^{\circ}$, $i = 3,75$.

Определение угловой скорости эксцентрикового вала.

При отходе на величину щеки на величину S , то есть в течение поворота эксцентрикового вала из загрузочного вала отверстия дробилки свободно выпадает измельченный материал в виде призмы:

$$h = S / \operatorname{tg} a \text{ (м)}.$$

$$h = 0,015 / 0,34 = 0,04 \text{ м}.$$

Время свободного падения призмы:

$$t_f = \sqrt{2h/g} \text{ (с)};$$

Где g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$$t_f = \sqrt{2 \cdot 0,04 / 9,81} = 0,09 \text{ (с)};$$

Эксцентриковый вал имеет угловую скорость ω , которая определяется по формуле:

$$\omega = 6,95 \sqrt{\operatorname{tg} a / S} \text{ (рад/с)} // n \approx 66 \sqrt{\operatorname{tg} a / S} \text{ (об/мин)}.$$

При $a = 19^{\circ}$ и величине отхода щеки в нижней точке $S = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м}$;

$$\omega = 6,95 \sqrt{\operatorname{tg} 19^{\circ} / 0,015} = 33 \text{ (рад/с)} // n = 66 \sqrt{\operatorname{tg} 19^{\circ} / 0,015} = 316 \text{ (об/мин)}.$$

Учитывая что материал не свободно выпадает из дробилки, то есть с учётом торможения необходимо уменьшить скорость на 5 – 10%:

$$33 - 100\%$$

$$x - 90\%$$

$$x = 33 \cdot 90 / 100 = 27,9$$

$$316 - 100\%$$

$$x - 90\%$$

$$x = 316 \cdot 90 / 100 = 284$$

$$\omega = 30 \text{ (рад/с)}.$$

$$n = 284 \text{ (об/мин)}.$$

Определение конструктивных параметров загрузочного отверстия;

Ширина загрузочного отверстия – расстояния между щеками:

$$a = D + (20 - 60) = 300 + 50 = 350 \text{ (мм)}.$$

Глубина загрузочного отверстия:

$$H = a - d_1 / \tan \alpha = 350 - 60 / 19^\circ = 290 / 0,34 = 853 \text{ (мм)}.$$

Обычно глубина загрузочного отверстия в 2–2,5 раза превышает его ширину

$$H = (2 - 2,5) a. \text{ Принимаем } H = 850 \text{ (мм)}.$$

Длина загрузочного отверстия (ширина щеки):

$$b = Q / 150 n d S m = 30 / 150 \cdot 284 \cdot 0,1 \cdot 0,015 \cdot 0,4 = 1,17 \text{ (м)}.$$

Обычно $b = (1,5 - 3,5) a$

Мощность двигателя:

$$1 \text{ тн/ч} - 0,75 \text{ кВт}.$$

$$N = 30 \cdot 0,75 = 22,5 \text{ кВт}.$$

В соответствии со справочными выбираем к установке защищенный от пыли двигатель и щековую дробилку со сложным движением щеки СМД -28 (СМ – 741).

9. Теплотехнический расчёт теплового оборудования.

Виды стекловаренных печей.

Варку стекла проводят в стекловаренных печах различных типов. Различают стекловаренные печи периодического и непрерывного действия.

Горшковые печи периодического действия используют для получения небольших количеств цветных стекол, требующих различных режимов варки, а также специальных стекол – оптических и технических. Существенными недостатками горшковых печей являются периодичность в работе, т.е. чередование варки стекла и выработки изделий; низкий коэффициент полезного действия (на 1 кг сваренной стекломассы расходуется до 84000 кДж); сильный износ стекловаренных горшков из – за развитой поверхности контакта огнеупора и стекломассы. В связи с этим горшковые печи весьма неэкономичны.

Ванные печи бывают периодического и непрерывного действия. Стекло в этих печах варится в бассейне.

Для получения больших порций однородной стекломассы специального назначения иногда взамен горшковых печей применяют ванные печи периодического действия. Они особенно удобны для варки стекол, требующих большой продолжительности провара и высоких температур.

Ванные печи непрерывного действия наиболее эффективны и распространены в стекольном производстве. Бассейн этих печей разделен на варочную зону, зону осветления и гомогенизации, выработочную зону. Ванные печи непрерывного действия могут быть построены больших размеров и значительной производительности, они позволяют автоматизировать обслуживание и механизировать выработку изделий из стекла.

В производстве сортовых изделий высокого качества из цветного и свинецсодержащего стекла применяют многогоршковые регенеративные печи с нижним подводом пламени. При варке в горшке на стекломассу легко воздействовать путем перемешивания, бурления и установления необходимого режима. Горшковые печи с нижним подводом пламени, предназначенные для

варки цветных и хрустальных стекол, обычно имеют до 16 горшков полезной вместимостью 300–500 кг каждый, тепловой КПД до 8%.

Однако в связи с высокой производительностью в стекольной промышленности применяют преимущественно ваннные печи непрерывного действия. Среди них различают печи с развитой конвекцией и печи с протоком. Сортовую посуду вырабатывают в печах с протоком.

Устройства протоков и других разделительных приспособлений позволяет отбирать более охлажденную и лучше проваренную стекломассу, повысить производительность печи. Протоки располагают чаще всего на уровне дна варочной части. Для устранения возвратного потока и лучшего охлаждения стекломассы протоки заглубляют и применяют пороги.

Для облегчения обслуживания протока и ликвидации застойных зон стены бассейна в области протока скашивают на $15-20^{\circ}$, а для уменьшения разъедания огнеупора проток искусственно охлаждают воздухом или с помощью водяных холодильников.

Для лучшего регулирования режима варки газовое пространство разделяют сплошными или решетчатыми перегородками. Выработочная часть печи обычно не имеет самостоятельного отопления. Тепло для ее обогрева передается из варочной части излучением и потоками стекломассы.

Печи с пламенным отоплением по способам использования тепла отходящих газов делятся на рекуперативные, регенеративные и прямого нагрева, а по организации горения – на печи с поперечным, подковообразным, продольным и смешанным направлением пламени.

При механизированной выработке сортовой посуды обычно применяют ваннные печи с поперечным направлением пламени, которые позволяют лучше регулировать тепловой режим по длине печи, создавать необходимую температуру в зонах варки, осветления и гомогенизации. В регенеративных печах с поперечным направлением пламени можно применять секционные регенераторы, которые позволяют регулировать температуру воздуха для соответствующей горелки.

В последнее время в производстве сортовой посуды стали применяться секционные ваннные печи, которые позволяют вырабатывать на одной печи стекла различных составов. Они удобны для варки и выработки цветных стекол.

Для механизированного производства сортовой посуды также используются печи, в которых выработочный бассейн традиционной полукруглой формы заменяется канальной системой подвода стекломассы к питателям стеклоформирующих машин. Традиционные выработочные бассейны стекловаренных печей не могут обеспечить охлаждение стекломассы без нарушения ее термической однородности. Поступающая из варочной части стекломасса поднимается на поверхность восходящим потоком относительно небольшого сечения, который пронизывает более холодную стекломассу и частично увлекает ее за собой, нарушая термическую однородность стекломассы. Чем больше разность температур стекломассы в варочном и выработочном бассейнах, тем сильнее нарушается однородность стекломассы. Уменьшая размеры выработочного бассейна, применяя канальную систему подвода стекломассы, можно уменьшить ее неоднородность.

Высокие температуры в варочной части создают весьма неблагоприятные условия для службы кладки и ускоряют износ огнеупоров. Обычно температура кладки пламенного пространства стекловаренных печей поддерживается в пределах $1380\text{--}1550^{\circ}$, при этом температура поверхности стекломассы равна $1300\text{--}1450^{\circ}$. Длительность кампании печи составляет 1,5– 2 года; для ремонта и последующего пуска печи требуется примерно 35 – 40 суток. Для печей с протоком стекломасса, поступающая из варочной зоны в студочную, имеет температуру $1150\text{--}1350^{\circ}$, для печей без протока $1300\text{--}1350^{\circ}$. Выработка мелких штучных изделий производится при температуре стекломассы $1225\text{--}1275^{\circ}$, крупных штучных изделий $1100\text{--}1200^{\circ}$, изделий трубчатого и листового стекла $950^{\circ}\text{--}1000^{\circ}$. Производительность ваннных стекловаренных печей определяется главным образом размерами тепловоспринимающей поверхности варочной части и условиями теплоотдачи от горячего факела, свода и стен пламенного пространства на поверхность слоя шихты.

Огнеупорные и теплоизоляционные материалы, применяемые в ваннных печах. Огнеупорными называются материалы, применяемые для выкладки различных промышленных печей, топок и аппаратов, работающих в условиях высокотемпературного нагрева. В отличие от других керамических материалов к огнеупорам предъявляется комплекс требований, характеризующих пригодность их в качестве конструкционных материалов, предназначенных для службы при высоких температурах в различных тепловых установках.

В современные промышленных ваннных печах используются следующие виды огнеупорные материалов: Шамотные, бакоровые, дианасовые огнеупоры.

Шамотными называют изделия, изготовляемые из огнеупорных глин или каолинов с отношением их шамотом, или непластичной не размокающей в воде глинистой породой или кварцем. Шамотом называют обожженную глину. Содержание SiO_2 в шамотных изделиях находится в пределах от 28 до 45%. Шамотные изделия являются самым распространенным видом огнеупорных материалов; Около 75% всех выпускаемых в СНГ огнеупоров составляют шамотные. К шамотным изделиям причисляют каолиновые и полукислые.

Сырьем для производства шамотных изделий могут служить природные глинистые материалы, содержащие не менее 28% SiO_2 на прокаленный вес и имеющие огнеупорность не ниже 1580 °С, максимальное содержание SiO_2 в шамотных изделиях может достигнуть 45% при использовании отмученных каолинов. Изделия, изготовленные на основе огнеупорных глин, называют шамотно-глинистыми и в зависимости от огнеупорности их делят на четыре марки:

Марка	ША	ШБ	ШВ	ШУС
Огнеупорность в °С	1750	1670	1580	1580

Динасом называют огнеупорный материал, содержащий не менее 93% SiO_2 . Изготовленный из кварцевых пород на известковой или иной связке и

обожженный при температуре, обеспечивающей полиморфное превращение кремнезема в тридимит и кристобалит.

Дно бассейна выполняется из многошамотных брусьев размером 1,0 x 0,4 x 0,3 м и покрывается двумя слоями бакоровой плитки толщиной 0,1 м.

Стены бассейна собираются из бакоровых брусьев. Толщина бакоровых стен 0,25 м. Для уменьшения потерь тепла в окружающую среду предусмотрена изоляция стен бассейна легковесным шамотом и алюмохромофосфатным газобетоном. Для загрузки шихты печь оборудована выносным, полностью герметизированным карманом с установкой четырех плунжерных загрузчиков.

Широкий загрузочный карман позволяет активизировать процесс варки, шихта распределяется на большой площади бассейна печи и тем самым уменьшается ее слой, а значит быстрее происходит прогрев как сверху, так и от расплавленной стекломассы снизу, увеличивается скорость силикатообразования и стеклообразования, ускоряется процесс варки, обеспечивается качественный провар стекломассы.

Установка бакоровых арок над загрузочным карманом обеспечивает сохранность торцевой стены, наименьшее ее разъедание шихтными материалами. Выносная арка из многошамота герметично закрывает карман, что устраняет пыление шихты и потери тепла в окружающую среду за счет излучения.

Для интенсификации процесса стекловарения печь оборудуется системой бурления стекломассы, что увеличивает производительность, положительно влияет на химическую и термическую однородность стекломассы. Пламенное пространство печи – подвесное. Оно на 300 мм шире бассейна, стены пламенного пространства в зоне засыпки шихты выполняются двухслойными:

Бакор 33- 250 мм и динас- 250 мм.

Замена динаса на бакор способствует увеличению срока службы печи. Стены пламенного пространства за переливным порогом выполняются традиционно из динаса толщиной 500 мм.

Теплотехнический расчет регенеративной ванной печи

В данной работе произведен расчет ванной печи непрерывного действия для производства сортового стекла. Тип печи – регенеративная проточная с поперечным движением пламени. Конструктивно печь имеет варочный и выработочный бассейн, соединенные между собой протоком. Для загрузки шихты и стеклобоя печь оборудована одним герметизированным загрузочным карманом, расположенными по ее боковой стороне.

Варочный бассейн печи отапливается природным газом Газлинского месторождения (Бухарская область). Для отопления варочного бассейна печь оборудована 6 рядами горелок.

Удаление дымовых газов из варочного бассейна стекловаренной печи осуществляется через систему дымовых каналов, оснащенных дымовоздушными клапанами, отсечным, поворотным шиберами и металлической дымовой трубой при помощи основного и резервного дымососов.

Для использования тепла отходящих дымовых газов печь оборудована регенераторами с насадкой типа «Лихте» с ячейками 170x170. Производительность печи – 50 тонн стекломассы в сутки. Вырабатываемый ассортимент – стаканы из бесцветного стекла.

Масса стакана – 160 гр.

Количество резов составляет 80 (в минуту).

Коэффициент использования стекломассы (КИС) – 0,95.

В сутки производится 312.500 стаканов (без учета брака), или 300.000 стаканов (4 % брака продукции).

Определим основные размеры рабочей камеры.

Площадь варочной части печи, m^2 :
$$F = \frac{G \cdot 10^3}{g}$$

где G – производительность печи, кг/сутки

g – удельный съем стекломассы с зеркала варочной части, $кг/(m^2 \cdot сут)$

Принимаем $g = 1381 \text{ кг}/(m^2 \cdot сут)$ (между 500-1500 $кг/(m^2 \cdot сут)$)

Тогда $F = \frac{50 \cdot 10^3}{1381} = 36,2 \text{ м}^2$

Площадь зеркала зоны освещения равна $F_{\text{осв}} = 1,2 \cdot F_{\text{вар}}$

$$F_{\text{в}} + 1,2 \cdot F_{\text{вар}} = 36,20$$

$$F_{\text{в}} = 36,20 / 2,2 = 16,45 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{осв}} = 1,2 \cdot 16,45 = 19,75 \text{ м}^2$$

Длина варочной части печи рассчитывается из соотношения

$$L:B = 1,34 : 1$$

$$L \cdot B = 16,45$$

$$\text{отсюда } L = 4,70 \text{ м} \quad B = 3,50 \text{ м}$$

$$\text{Соотношение длины и ширины } L:B = 4,7 / 3,5 = 1,34$$

Ширина пламенного пространства на 120 мм больше ширины бассейна, т.е.
 $3,5 + 0,12 = 3,62 \text{ м}$

$$\text{Высота подъема свода } f = 8,62 / 8 = 1,08 \text{ м}$$

$$\text{Длина пламенного пространства } 4,7 + 0,2 = 4,9 \text{ м}$$

Для варочной зоны длина печи - 4,7 м, ширина - 3,5 м. Для зоны освещения длина 5,64 м, ширина 3,5 м.

Площадь студочной части при температуре варки 1500 °С принята равной площади варочной части $F_{\text{ст}} = 16,45 \text{ м}^2$

Ширина студочной части составляет 80 % ширины варочной части: $3,5 \cdot 0,8 = 2,8 \text{ м}$.

Принимаем ширину загрузочных карманов $(3-0,9)/2 = 1,3 \text{ м}$, где 0,9 м - ширина разделительной стенки. Длина загрузочного кармана 1 м.

Расчет горения топлива.

В табл. 9.1 приведен химический состав сухого газа Газлинского мест. (Бухарская обл.).

Таблица 9.1

Химический состав сухого природного газа

Название мест.	Состав сухого газа, %						Теплотворность, $Q_{\text{н}}$, кДж/м ³	Плотность сух.газа, кг/м ³
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CO ₂	N ₂		
Газлинский	95,6	2,6	0,3	0,3	0,1	1,1	36010	0,755

$$\text{CH}_4^{\text{вл}} = \text{CH}_4^{\text{с}} \cdot (100 - \text{H}_2\text{O}) / 100 = 94,644$$

$$\text{C}_2\text{H}_6^{\text{вл}} = \text{C}_2\text{H}_6^{\text{с}} \cdot (100 - \text{H}_2\text{O}) / 100 = 2,574$$

$$\text{C}_3\text{H}_8^{\text{вл}} = \text{C}_3\text{H}_8^{\text{с}} \cdot (100 - \text{H}_2\text{O}) / 100 = 0,297$$

$$\text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{вл}} = \text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{с}} \cdot (100 - \text{H}_2\text{O}) / 100 = 0,297$$

$$\text{CO}_2^{\text{вл}} = \text{CO}_2^{\text{с}} \cdot (100 - \text{H}_2\text{O}) / 100 = 0,099$$

$$\text{N}_2^{\text{вл}} = \text{N}_2^{\text{с}} \cdot (100 - \text{H}_2\text{O}) / 100 = 1,089$$

Химический состав газа с учетом влажности

$\text{CH}_4^{\text{вл}}$	$\text{C}_2\text{H}_6^{\text{вл}}$	$\text{C}_3\text{H}_8^{\text{вл}}$	$\text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{вл}}$	$\text{CO}_2^{\text{вл}}$	$\text{N}_2^{\text{вл}}$	H_2O	Сумма
94,64	2,57	0,3	0,3	0,1	1,09	1,0	100

Определяем теплоту сгорания газа по формуле:

$$Q_{\text{h}} = 358,2 \cdot 94,64 + 637,5 \cdot 2,57 + 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,3 + 1186,5 \cdot 0,3 = 36168,13 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$L_0 = 0,0476(2 \cdot 94,64 + 3,5 \cdot 2,57 + 5 \cdot 0,3 + 6,5 \cdot 0,3) = 9,60 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

$$L'_{\alpha} = 1,016 \cdot 9,60 = 9,75 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

$$L_{\alpha} = 1,2 \cdot 9,6 = 11,52 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \text{ сух.возд.}$$

Атмосферного воздуха;

$$L'_{\alpha} = 1,2 \cdot 9,75 = 11,7 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01(0,1 + 94,64 + 2 \cdot 2,57 + 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,3) = 0,01 \cdot 101,98 = 1,019 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3};$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(2 \cdot 94,64 + 3 \cdot 2,57 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 1,0 + 0,16 \cdot 10 \cdot 11,5) = 2,190 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01 \cdot 1,09 + 0,79 \cdot 11,5 = 9,095 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21(1,2 - 1) \cdot 9,60 = 0,403 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Общее количество продуктов горения составляет:

$$V_{\alpha} = 1,019 + 2,190 + 9,095 + 0,403 = 12,707$$

Определяем процентный состав продуктов горения:

$$\text{CO}_2 = \frac{1,019 \cdot 100}{12,7} = 8,0\%; \quad \text{H}_2\text{O} = \frac{2,190 \cdot 100}{12,7} = 17,2\%;$$

$$\text{N}_2 = \frac{9,095 \cdot 100}{12,7} = 71,6\%; \quad \text{O}_2 = \frac{0,403 \cdot 100}{12,7} = 3,2\%;$$

Всего: 100%

Составляем материальный баланс процесса горения на 100 нм³ газа при $\alpha=1,2$.

Материальный баланс процесса горения

Приход	Кг	Расход	Кг
Природный газ		Продукты горения	
CH ₄ =94,64*0,717	67,85	CO ₂ =1,019*100*1,977	201,45
C ₂ H ₆ =2,57*1,356	3,48	H ₂ O=2,190*100*0,804	176,07
C ₃ H ₈ =0,3*2,020	0,60	N ₂ =9,095*100*1,251	1137,78
C ₄ H ₁₀ =0,3*2,840	0,85	O ₂ =0,403*100*1,429	57,58
CO ₂ =0,1*1,977	0,19		
		Невязка	
N ₂ =1,09*1,251	1,36		
H ₂ O=1,0*0,804	0,80		
Воздух			
O ₂ =201,72*1,2*1,429	345,90		
N ₂ =201,72*1,2*3,762*1,251	1139,21		
H ₂ O=0,16*10*11,5*0,804	14,79		-2,15
Итого:	1575,03		1572,88

Невязка баланса составляет: $\frac{100 \cdot 2,15}{1575,03} = 0,13\%$

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим теплосодержание продуктов горения с учетом подогрева воздуха до $t_{\text{воз}}=800^\circ$ при $\alpha=1,2$.

По i - t -диаграмме или по приложению (о находим теплоту нагрева атмосферного воздуха): $\Gamma'_{\text{воз}} = 1110 \frac{\text{éäæ}}{\text{î}^3}$

$$\text{Тогда } i_{\text{общ}} = \frac{36168}{12,7} + \frac{11,7 \cdot 1110}{12,7} = 3871 \frac{\text{éäæ}}{\text{î}^3}$$

$\alpha = 1,2 - t_{\text{теор}} = 2230^\circ$; $\alpha = 1,2 - t_{\text{к}} = 2330^\circ$; При $t_i = 2300^\circ$:

$$\text{CO}_2 = 0,08 \cdot 5658,7 = 452,7; \quad \text{H}_2\text{O} = 0,172 \cdot 4643,8 = 798,7; \quad \text{N}_2 = 0,716 \cdot 3452,6 = 2472,1$$

$$\text{O}_2 = 0,032 \cdot 3656,5 = 117,0.$$

$$i_1 = 3840,5 \frac{\text{éäæ}}{\text{î}^3};$$

Температурный режим печи зависит также и от температуры факела пламени и ее распределения по длине факела. Температура факела регулируется подачей воздуха.

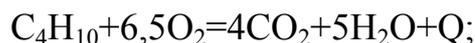
Теплоту сгорания топлива определяют по его составу:

$$Q_H = 358,2 * \text{CH}_4 + 637,5 * \text{C}_2\text{H}_6 + 912,5 * \text{C}_3\text{H}_8 + 1186,5 * \text{C}_4\text{H}_{10}$$

$$Q_H = 358,2 * 95,6 + 637,5 * 2,6 + 912,5 * 0,3 + 1186,5 * 0,3 = 34243,92 + 1657,5 + 273,75 + 35$$

$$5,95 = 36531,12 \frac{\text{éäæ}}{\text{î}^3}$$

Уравнения реакций горения составных частей топлива:



Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,2$.

Расчет горения сводим в таблицу

Состав топлива, %	Содержание газа, м ³ /м ³	Расход воздуха 1м ³ топлива, м ³				Выход продуктов горения на 1м ³ топлива, м ³				
		O _{2T}	O _{2D}	N _{2D}	V _L	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	V _D
CH ₄ -95,6	0,956	1,912	2,04	2,45	2,45	0,956	1,912			2,868
C ₂ H ₆ -2,6	0,026	0,091	X	X	+	0,052	0,156			0,205
C ₃ H ₈ -0,3	0,003	0,015	1,2	3,76	9,2	0,009	0,036	9,2	0,4	9,445
C ₄ H ₁₀ -0,3	0,003	0,019				0,012	0,06			0,072
N ₂ -1,1	0,011							0,011		0,011
CO ₂ -0,1	0,001					0,001				0,201
Сумма-100		2,037	2,45	9,2	11,65	1,03	2,164	9,211	0,4	12,805

O_{2T} и O_{2D} – расход кислорода соответственно теоретический и действительный, При $\alpha = 1,2$; N_{2D} – 9,2 действительный объем азота из воздуха; V_L – 11,65 действительный расход воздуха для горения 1м³ газа; V_D – 12,805 объем продуктов горения на 1м³ газа:

$$\text{CO}_2 = \frac{1,03 \cdot 100}{12,805} = 8,04$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{2,164 \cdot 100}{12,805} = 16,90$$

$$\text{N}_2 = \frac{9,211 \cdot 100}{12,805} = 71,93\%$$

$$\text{O}_2 = \frac{0,4 \cdot 100}{12,805} = 3,12$$

Сумма – 100%

Тепловой баланс варочной части:

Приход тепла:

Тепло от горения топлива

Химическая теплота сгорания природного газа

$$Q_{\text{гор}} = V \cdot Q_{\text{п}}^{\text{H}} = 36531,12 \cdot V$$

где V- расход топлива, кг/с;

$Q_{\text{п}}^{\text{H}}$ - тепло сгорания топлива, кДж/нм³.

Тепло, вносимое подогретым воздухом

$$Q_{\text{воз}} = L_{\alpha} \cdot i_{\text{воз}}^{\text{I}} \cdot V, \text{ кВт}$$

где L_{α} - действительное количество воздуха, подаваемое для горения топлива, нм³/кг или нм³/нм³;

$i_{\text{воз}}^{\text{I}}$ - теплосодержание (энтальпия) воздуха, кДж/нм³, находящегося в зависимости от температуры;

$$Q_{\text{возд}} = L_{\alpha} \cdot C_{\text{b}} \cdot t_{\alpha} \cdot V = 11,30 \cdot 1,4219 \cdot 1100 \cdot V = 17674,22 \cdot V \text{ кВт}$$

Общий тепловой поток

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{гор}} + Q_{\text{возд}} = 36531,12 \cdot V + 17674,22 \cdot V = 54205,34 \cdot V$$

Расход тепла:

1. На процесс стеклообразования:

Расчёт сводится к определению полного расхода тепла на процесс стеклообразования, включая тепловой эффект стеклообразования, теплосодержание стекломассы, тепло нагрева продуктов дегазации и теплоту плавления стекла:

$$q_{\text{x}} = q_{\text{с}} + q_{\text{м}} + q_{\text{пл}} + q_{\text{газ}}, \text{ кДж/кг}$$

Тепловой эффект реакций стеклообразования определяем на 1 кг стекло массы по формуле, кДж/кг:

$$q_c = q_1 \cdot G_1 \cdot G_{ш} + q_2 \cdot G_2 \cdot G_{ш} + q_3 \cdot G_3 \cdot G_{ш},$$

где q_1, q_2, q_3 - тепловые эффекты образования отдельных окислов, переходящих в стекло, кДж/кг;

G_1, G_2, G_3 - весовые количества соответствующих окислов в шихте, кг/кг шихты;

$G_{ш}$ - расход сухих шихтовых материалов, кг/кг стекломассы.

Определяем расход сухих шихтовых материалов, кг/кг стекломассы и выход летучих материалов:

$$G_{ш} = 100 / (100 + G_6 - G_{п.д.}),$$

где G_6 - количество стеклобоя, вводимого в шихту, %;

$G_{п.д.}$ - количество летучих продуктов дегазации в шихте, % (кг/100кг шихты).

При влажности шихты 3% количество сухой шихты равно 97%. Выход летучих продуктов дегазации из 100 кг шихты, кг:

Влага	$H_2O = 0,3 \cdot 100 = 3;$
Песок (ППП=0,3%)	$CO_2 = 73 \cdot 0,003 \cdot 0,97 = 0,21;$
Доломит (ППП=46,5%)	$CO_2 = 2,5 \cdot 0,465 \cdot 0,97 = 1,13;$
Известняк (ППП=43,7%)	$CO_2 = 7 \cdot 0,437 \cdot 0,97 = 2,97;$
Сода (ППП=42,8%)	$CO_2 = 13,5 \cdot 0,428 \cdot 0,97 = 5,6;$
Поташ (ППП=34,0%)	$CO_2 = 2 \cdot 0,34 \cdot 0,97 = 0,66;$
Глинозем	$CO_2 = 2 \cdot 0,013 \cdot 0,97 = 0,03;$
<hr/> Всего	<hr/> $G_{п.д.} = 13,6$

Из них: $CO_2 = 0,106$ кг/кг шихты,

или $CO_2 = 0,106 / 1,977 = 0,054$ нм³/кг шихты;

$H_2O = 0,03$ кг/кг шихты,

или $H_2O = 0,03 / 0,804 = 0,037$ нм³/кг шихты.

Тогда, расход сухих шихтовых материалов:

$$G_{ш} = 100 / (100 + 23 - 13,6) = 0,914;$$

$$G_6 = 23 \cdot 0,914 = 21 \% \text{ (от стекломассы).}$$

Расход тепла на получение CaSiO_3 из CaCO_3 (известняка и соды):

$$q_1 = q_x \cdot G_{\text{CaO}} \cdot G_{\text{ш}} = 1537 \cdot 0,025 \cdot 0,914 = 35,476 \text{ кДж/кг стекломассы,}$$

$$G_{\text{CaO(изв)}} = 0,0473 \cdot 0,5504 \cdot 0,97 = 0,025 \text{ кг/кг шихты.}$$

$$G_{\text{CaO(сода)}} = 0,1464 \cdot 0,00137 \cdot 0,96 = 0,0002 \text{ кг/кг шихты.}$$

$$\text{Всего } G_{\text{CaO}} = 0,00432 \text{ кг/кг шихты.}$$

Расход тепла на получение Na_2SiO_3 из Na_2CO_3 (соды):

$$q_2 = 952 \cdot G_{\text{Na}_2\text{O}} \cdot G_{\text{ш}} = 952 \cdot 0,11 \cdot 0,914 = 95,714 \text{ кДж/кг стекломассы,}$$

$$G_{\text{Na}_2\text{O}} = 0,2 \cdot 0,572 \cdot 0,97 = 0,11 \text{ кг/кг шихты.}$$

Расход тепла на получение $\text{Mg}(\text{SiO}_3)_2$ из MgCO_3 (из известняка):

$$q_4 = 3467 \cdot G_{\text{MgO}} \cdot G_{\text{ш}} = 3467 \cdot 0,0015 \cdot 0,914 = 4,753 \text{ кДж/кг стекломассы,}$$

$$G_{\text{MgO}_2} = 0,62 \cdot 0,002 \cdot 0,97 = 0,0012 \text{ кг/кг шихты.}$$

Расход тепла на получение $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ из доломита:

$$q_5 = 2758 \cdot G_{\text{CaMgO}_2} \cdot G_{\text{ш}} = 2758 \cdot 0,048 \cdot 0,914 = 120,963 \text{ кДж/кг стекломассы,}$$

$$G_{\text{CaMgO}_2} = 0,097(0,31 + 0,2) \cdot 0,97 = 0,048 \text{ кг/кг шихты.}$$

Общий расход тепла составит, кДж/кг стекломассы:

$$q_c = 35,476 + 95,714 + 120,963 + 4,753 + 11,85 = 268,756 ,$$

Расход тепла на нагрев 1 кг стекломассы до 1450°C при начальной температуре шихты $t_n = 30^\circ\text{C}$, кДж/кг стекломассы:

$$q_{\text{ш}} = C_c \cdot t_c - (G_{\text{ш}} \cdot C_{\text{ш}} \cdot t_n + G_{\text{б}} \cdot C_{\text{б}} \cdot t_n) ,$$

где $C_{\text{ш}}$ - средняя теплоёмкость шихты, $C_{\text{ш}} = 0,963 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$;

C_c - средняя теплоёмкость стекломассы, не содержащей оксидов тяжёлых металлов, $C_c = 0,672 + 0,00046 \cdot t = 0,672 + 0,00046 \cdot 1490 = 1,339 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$;

$C_{\text{б}}$ - средняя теплоёмкость стеклобоя,

$$C_{\text{б}} = 0,751 + 0,000265 \cdot t = 0,751 + 0,000265 \cdot 30 = 0,759 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град.}$$

$$q_{\text{ш}} = 1,339 \cdot 1490 - (0,91 \cdot 0,963 \cdot 30 + 0,759 \cdot 0,273 \cdot 30) = 1909,044 .$$

Расход тепла на плавление шихтовых материалов (стекла):

$$q_{\text{пл}} = 347 \cdot G_{\text{ш}}(1 - 0,01 \cdot G_{\text{п.д.}}) = 347 \cdot 0,91(1 - 0,01 \cdot 20,562) = 315,121 \text{ кДж/кг ст.}$$

Расход тепла на нагрев газов разложения до 1490°C , кДж/кг стекломассы:

$$q_{\text{газ}} = q_{\text{RO}_2} + q_{\text{H}_2\text{O}} ,$$

где q_{RO_2} - теплота нагрева CO_2 , кДж/кг стекломассы:

$$q_{RO_2} = V_{RO_2} \cdot G_{ш} \cdot C_{RO_2} t = 0,08 \cdot 0,91 \cdot 3371,2 = 245,423,$$

$$V_{RO_2} = 0,072 + 0,008 = 0,08 \text{ нм}^3/\text{кг шихты},$$

$$C_{RO_2} t = 3371,2 \text{ кДж/нм}^3 - \text{энтальпия газов при } t = 1490 \text{ }^\circ\text{C};$$

q_{H_2O} - теплота нагрева воды, включая испарение влаги шихты, кДж/кг

$$\text{стекломассы: } q_{H_2O} = (V_{H_2O} \cdot C_{H_2O} t + 25\omega) \cdot G_{ш} = (0,05 \cdot 2669,2 + 25 \cdot 4) \cdot 0,91 = 212,449,$$

$$V_{H_2O} = 0,05 \text{ нм}^3/\text{кг шихты},$$

$$C_{H_2O} t = 2669,2 \text{ кДж/нм}^3,$$

ω - влажность шихты, %.

$$q_{газ} = 245,423 + 212,449 = 457,872 \text{ кДж/кг.ст.}$$

Общий расход тепла на процесс стеклообразования, кДж/кг стекломассы:

$$q_x = 268,756 + 1909,044 + 315,121 + 457,872 = 2950,793 \text{ кДж/кг.ст.}$$

2. На химические реакции при нагреве материала:

$$Q_x = q_x \cdot G_x, \text{ кВт}$$

где G_x - количество шихты, поступающее в печь, $50 \text{ т/сут.} \cdot 1,15 = 57,5 \text{ т/сут}$

$$Q_{вар} = P_c \cdot q_{вар} = 0,58 \cdot 2950,793 = 1711 \text{ кВт}$$

$$P_c = P_{сут} \cdot 10^3 / 24 \cdot 3600 = 57,5 \cdot 10^3 / 24 \cdot 3600 = 0,67 \text{ кг/с}$$

где $q_{вар}$ - теоретический расход тепла на варку стекла

принимаем $q_{вар} = 2950,793 \text{ кДж/кг.ст.}$

3. Тепловой поток, теряемый отходящими газами

$$Q_{дг} = V_a \cdot V \cdot C_{дг} \cdot t_{дг}$$

$$Q_{дг} = 12,508 \cdot V \cdot 1,6 \cdot 1500 = 30619,6 \cdot V \text{ кВт}$$

где $t_{дг}$ - температура отходящих газов

$C_{дг}$ - теплоемкость дымовых газов, кДж/нм³

по составу продуктов горения при температуре $1500 \text{ }^\circ\text{C}$

$$C_{дг} = \Gamma_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + \Gamma_{H_2O} \cdot C_{H_2O} + \Gamma_{N_2} \cdot C_{N_2} + \Gamma_{O_2} \cdot C_{O_2} = 0,993/12,533 \cdot 2,3415 + 2,20/12,533 \cdot 1,8598 + 8,94/12,533 \cdot 1,4467 + 0,4/12,533 \cdot 1,5320 = 1,6 \text{ кДж/нм}^3$$

где Γ_1 - объемная доля газа в смеси.

4. Тепловой поток, теряемый с излучением:

В виде лучистой энергии

$$Q_{изл} = \frac{5,67 \cdot \varphi \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{1000} \cdot F$$

4.1. Излучение во влёты горелок

$$Q_{изл} = \frac{5,67 \cdot 0,66 \cdot \left[\left(\frac{1816}{100} \right)^4 - \left(\frac{1609}{100} \right)^4 \right]}{1000} \cdot 0,905 = 138,92 \text{ кВт}$$

где $F_{вл} = 0,905 \text{ м}^2$ – суммарная площадь сечения влётов горелок (2,5 % от площади варочного бассейна).

$T_{г} = 1540 + 273 = 1813 \text{ К}$ – температура газовой среды варочной части печи, К

$T_{кл} = t_{кл} + 273$ – средняя температура задней стенки горелок, К

$$t_{кл} = \frac{2,5 \cdot (t_{гр} - 50) + (t_{в} - 50)}{3,5} + 273$$

где $t_{гр}$ – температура дымовых газов, поступающих во влёты горелок, К

$t_{в}$ – температура нагрева воздуха, идущего на горения, К

$$t_{кл} = \frac{2,5 \cdot (1500 - 50) + (1100 - 50)}{3,5} + 273 = 1608,71$$

Высота влётов $D=0,4 \text{ м}$, форма отверстия – вытянутый прямоугольник, $D/F=0,7$, тогда $\varphi = 0,666$

4.2. Потери через загрузочный карман

$S = 1100 \text{ мм}$. Высота щели $D=0,2 \text{ м}$, длина щели $L= 2,2 \text{ м}$.

$D/ S = 0,2/1,10 = 0,18$

Рассчитываем площадь излучения $F_{изл} = 0,2 \cdot 2,2 = 0,44 \text{ м}^2$

Потери тепла с уходящими продуктами горения

$$Q_{дым} = V_{дым} \cdot i_{дым}, \text{ кВт}$$

где $V_{дым}$ – объём продуктов горения, уходящих из рабочего пространства печи, с учётом подсосов окружающего воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$V_{дым} = V_{\alpha} \cdot V = 11,03 \text{ В.}$$

$i_{дым}$ – энтальпия продуктов горения при температуре уходящих газов,

$$\text{кДж/м}^3, i_{дым} = C_{дым} \cdot t_{дым} = 1855,3, t_{ух} = 1200 \text{ }^{\circ}\text{С.}$$

$$Q_{дым} = 11,03 \text{ В} \cdot 1855,3 = 20463,959 \text{ В кВт.}$$

Потери тепла вследствие неполноты горения

Принимаем потери вследствие неполноты горения 2% от прихода тепла:

$$Q_{\text{неп}} = 452361,225 \cdot 0,02 = 1047,22 \text{ В кВт.}$$

4.2. Потери тепла через кладку печи.

Тепловой поток от одной среды (с температурой $t_{\text{газ}}$) к другой (с температурой $t_{\text{окр}}$) через многослойную стенку определяется по формуле, кВт:

$$Q_{\text{кл}} = 0,001(t_{\text{газ}} - t_{\text{окр}}) \cdot F / (1/\alpha_1 + S_1/\lambda_1 + S_2/\lambda_2 + 1/\alpha_2),$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от газов к стенке, учитывающий излучение газов и конвекцию, Вт/м²·град;

α_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки в окружающую среду, Вт/м²·град;

$S_1/\lambda_1, S_2/\lambda_2$ - тепловые сопротивления слоёв многослойной стенки;

S - толщина слоя, м;

λ - коэффициент теплопроводности слоя материала при средней температуре по массе, Вт/м·град;

F - теплопередающая поверхность, м².

Рассчитываем теплопередающие поверхности, м²:

$$F_{\text{дна}} = 16,47 \cdot 8,50 = 140,00;$$

$$F_{\text{свода}} = 16,47 \cdot 8,9 = 146,58$$

$$F_{\text{стены пламенного пространства}} = 16,47 \cdot 1,61 = 26,51$$

$$F_{\text{стены ванны}} = 16,47 \cdot 1,1 = 18,12$$

$$l_{\text{душ}} = \pi \cdot r \cdot n / 180 = 3,14 \cdot 8,5 \cdot 60 / 180 = 8,90 \text{ м.}$$

Стены ванны: бакоровая часть $\delta_6 = 0,38 \text{ м}$,

$$Q_{\text{стен}} = \frac{0,001 \cdot 18,12(1500 - 40)}{\frac{1}{100} + \frac{0,38}{1,3} + \frac{0,12}{0,547} + \frac{0,1}{0,287} + \frac{1}{12,53}} =$$

$$= 26,45 / (0,01 + 0,292 + 0,219 + 0,348 + 0,079) = 27,900 \cdot 2 = 55,8 \text{ кВт.}$$

Потери тепла через кладку стен пламенного пространства.

Бакор толщиной 250 мм.

$$\alpha_2 = 2,6(60 - 40)^{1/4} + (5,7 \cdot 0,8 [((333)/100)^4 - (313)/100^4]) / (60 - 40) = 11,7;$$

$$\lambda_{1(\text{бакор})} = 1,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град};$$

$$Q_{\text{стен}} = \frac{0,001 \cdot 26,51(1500 \cdot 40)}{\frac{1}{100} + \frac{0,25}{1,3} + \frac{0,12}{0,538} + \frac{0,06}{0,251} + \frac{1}{11,7}} = 38,70 / (0,01 + 0,192 + 0,223 + 0,239 + 0,085) = 51,669 \cdot 2 = 103,338 \text{ кВт.}$$

Потери тепла через свод печи.

Динас – 450 мм.

$$\alpha_2 = 2,6(235-80)^{1/4} + (5,7 \cdot 0,8 [((508)/100)^4 - (353)/100^4]) / (235-80) = 24,19;$$

$$\lambda_{1(\text{динас})} = 1,07 + 0,00093 \cdot 1550 = 2,51;$$

$$Q_{\text{свода}} = \frac{0,001 \cdot 146,58(1550 \cdot 80)}{\frac{1}{100} + \frac{0,45}{2,51} + \frac{1}{24,19}} = 215,472 / (0,01 + 0,179 + 0,041) = 936,834 \text{ кВт.}$$

Потери тепла через кладку дна ванны печи.

Дно ванны: бакоровая часть $\delta_6 = 0,28 \text{ м}$, $\lambda_6 = 3,1 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$;

шамот $\delta_{\text{ш}} = 0,4 \text{ м}$;

$$\alpha_2 = 2,6(45-35)^{1/4} + (5,7 \cdot 0,8 [((318)/100)^4 - (308)/100^4]) / (45-35) = 10,19;$$

$$\lambda_{1(\text{бакор})} = 1,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{град};$$

$$\lambda_{2(\text{шамот})} = 0,61 + 0,00018 \cdot 1050 = 0,799;$$

$$Q_{\text{дно}} = \frac{0,001 \cdot 140,00(1200 \cdot 35)}{\frac{1}{100} + \frac{0,28}{3,1} + \frac{0,4}{0,799} + \frac{0,1}{0,183} + \frac{1}{10,19}} = 163,1 / (0,01 + 0,09 + 0,50 + 0,0546 + 0,098) = 216,715 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{\text{кл}} = 55,8 + 103,338 + 936,834 + 216,715 = 1312,687 \text{ кВт.}$$

4.3. Потери тепла с конвективными потоками стекломассы.

$$Q_{\text{кон}} = G_{\text{ст}}(C_1 \cdot t_1 - C_2 \cdot t_2) \cdot n, \text{ кВт}$$

где $G_{\text{ст}}$ - количество сваренной стекломассы, кг/с;

t_1, t_2 - температуры потоков стекломассы попадающих и возвращающихся в варочную часть печи, $t_1 = 1450 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 1250 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

C_1, C_2 - средние теплоёмкости стекломассы между 0° и t_1 , и между 0° и t_2 , кДж/кг·град:

$$C_1 = 0,672 + 0,00046 \cdot 1450 = 1,339, \quad C_2 = 0,672 + 0,00046 \cdot 1250 = 1,247;$$

n - коэффициент потока стекломассы., $n = 2,2$.

$$Q_{\text{кон}} = \frac{200,0}{24} \frac{1000}{3600} (1,339 \cdot 1500 - 1,247 \cdot 1250) \cdot 2,2 = 1038,922 \text{ кВт.}$$

4.4. **Неучтённые потери тепла.**

$$Q_{\text{неучт}} = (0,03 \dots 0,05) \cdot Q_{\text{н}} \cdot V = 0,05 \cdot 35336,485 V = 1060,09 V \text{ кВт.}$$

Составляем уравнение теплового баланса:

$$30619,6V + 17024,74V = 8000,6177 + 20463,959V + 1047,22V + 1312,687$$

$$+ 1038,9225V + 2637,74 + 1060,09V;$$

$$52361,225V = 12989,9672 + 22571,269V; \quad 29789,956 V = 12989,9672,$$

$$V = 0,436 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Невязка баланса:

$$\Delta Q = (Q_{\text{прих}} - Q_{\text{расх}}) / Q_{\text{прих}} \cdot 100\% = (22829,493 - 22831,039) / 22831,039 \cdot 100\% = 0,006\%.$$

10. Контроль производства.

Контроль производства состоит из трех основных частей:

- входной контроль скрьевых материалов;
- контроль качества обработанных материалов и шихты;
- контроль стеклоизделий.

Помимо указанных процессов контролю также подвергаются показатели качества стекла: контроль потребительских свойств по качеству стекла и контроль технологического процесса по показателям качества стекла. К контролю потребительских свойств по качеству стекла можно отнести: геометрические параметры (длина и ширина заготовок, разность длин диагоналей, толщина и разнотолщинность, отклонение от прямоугольности углов и кромок, ширина ленты с бортами и без бортов, отклонение от плоскости); присутствие микродефектов, пузырей и включений; оптические искажения видимые в проходящем свете и в отраженном свете; коэффициент направленного пропускания света; водостойкость стекла. К контролю технологического процесса по показателям качества стекла можно отнести: состав стекла (процентное содержание оксидов); плотность стекла; однородность; унос олова стеклом из ванны расплава; определение массовой доли примесей в олове. Периодичность контроля задается с учетом наладки технологического режима выработки листового стекла. Все контрольные измерения производятся в соответствии с ГОСТ 30407-96 .

Контроль качества стекольной шихты

Основными показателями качества стекольной шихты служат соответствие ее заданному химическому составу и химическая однородность.

Существует два варианта контроля качества шихты: текущий и периодический (табл. 1).

Отбор проб шихты на контрольные анализы производится после завершения процесса ее смешения.

Наиболее прогрессивным методом контроля шихты является рентгеноспектральный анализ. Только этот метод позволяет получать

информацию о содержании в шихте отдельных оксидов с точностью 0,2-0,3% в течение 30 минут, в то время как проведение подобного анализа химическим методом может длиться от 45 минут до 1,5 часов.

В табл. 10.1 приведен порядок отбора проб шихты для контроля ее качества.

Таблица 10.1

Порядок отбора проб шихты для контроля её качества

Параметры контроля	текущий контроль	периодический контроль
Цель контроля	Проверка соответствия шихты заданному рецепту	Проверка работы смесителя и однородности шихты
Контролируемые параметры	Сода, сумма карбонатов кальция и магния, сумма нерастворимых в HCl компонентов, сульфат натрия, влага	-
Место отбора пробы	На выходе из смесителя, из расходных бункеров шихты, транспортер	Смеситель, вагонетка, бункер загрузчика, транспортер
Масса средней пробы, кг	до 10	2-10
Масса частной пробы, кг	0,2	0,2
Число частных проб	4-6	до 10
Масса лабораторной пробы, гр	100	100

Отбор проб шихты на контрольные анализы производится после завершения процесса её смешения. Для контроля водостойкости стеклоизделий отбирают не менее одного образца из выработки. Для контроля кислотостойкости и прочности закрепления декоративных покрытий отбирают не менее пяти изделий из выработки. Партию бракуют, если изделия не выдержали контроль по показателям водостойкости, кислотостойкости и прочности закрепления декоративных покрытий.

11. Экологическая часть.

Экологические нормативы.

Экологические нормативы выбросов, сбросов и отходов, образующиеся при изготовлении и отделения приёма и обработки компонентов шихты на территории предприятия, приведены в таблице 8.

Таблица № 11.1

Экологические нормативы производства

Виды негативного воздействия. Физика химический свойства запах, внешний вид, газ, жидкий.	Экологические норматив	
	Единицы измерения	Количество
1	2	3
1. Азота диоксид	г/с	2, 681502
	т/год	83, 720852
2. Сернистый ангидрид	г/с	1, 551437
	т/год	48, 902818
3. Сажа (твердые частицы)	г/с	0, 584500
	т/год	18, 432792
4. Углерода оксид	г/с	0, 374564
	т/год	8, 816622
5. Хлориды	г/с	0, 125000
	т/год	3, 942000
6. Фтористые соединения	г/с	0, 042000
	т/год	1, 324512
7. Водород хлористый	г/с	0, 013450
	т/год	0, 424423
8. Пыль песка	г/с	0, 160201
	т/год	0, 383958
9. Уксусная кислота	г/с	0, 007610
	т/год	0, 239988
10. Пыль известняка	г/с	0, 020712
	т/год	0, 217746

11.	Пыль доломита	г/с	0,395900
		т/год	0,120058
12.	Этилен	г/с	0,002176
		т/год	0,068622
13.	Метан	г/с	0,001824
		т/год	0,057822
14.	Пыль стекла	г/с	0,004695
		т/год	0,049346
15.	Пропилен	г/с	0,001122
		т/год	0,035384
16.	Азота оксид	г/с	0,017111
		т/год	0,030800
17.	Пентан	г/с	0,000632
		т/год	0,019930
18.	Углеводороды	г/с	0,000460
		т/год	0,014380
19.	Этан	г/с	0,000352
		т/год	0,011100
20.	Бутен	г/с	0,000212
		т/год	0,006686
21.	Ацетилен	г/с	0,000028
		т/год	0,000884
22.	Пыль угольная	г/с	0,000698
		т/год	0,000754
23.	Железа оксид	г/с	0,000412
		т/год	0,000541
24.	Аэрозоль эмульсола	г/с	0,000039
		т/год	0,000202
25.	Пыль металлическая	г/с	0,000100
		т/год	0,000130
26.	Азотная кислота	г/с	0,000008
		т/год	0,000087
27.	Пыль абразивная	г/с	0,000065
		т/год	0,000085
28.	Марганца оксид	г/с	0,000045

		т/год	0, 000059
29.	Никеля оксид	г/с	0, 000018
		т/год	0, 000024
30.	Кремния оксид	г/с	0, 000009
		т/год	0, 000012
31.	Серная кислота	г/с	0, 000001
		т/год	0, 000011
32.	Сульфат натрия	г/с	0, 0000001
		т/год	0, 000004

Экологические нормативы по сбросам не устанавливались, так как сброс хозяйственных и хозяйственных стоков осуществляется в накопительную гидроизолированную выгребную канализационную емкость, а по мере накопления хозяйственные и хозяйственные стоки вывозят на очистные сооружения района.

Производственные стоки с территории предприятия после очистки от масел и стекломассы на очистных сооружениях, один раз в год вывозят на очистные сооружения района.

Сброс талых и ливневых вод с территории предприятия осуществляется в дренажную сеть района.

Водопотребление и водоотведение.

Расчет норм водопотребления и водоотведения на хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды производился в соответствии с КМК 2.04.02- 97 и КМК 2.04.01- 98.

Вода расходуется на хозяйственно-питьевые и производственно-технологические нужды в цеху и на вспомогательных участках предприятия, а также на противопожарные нужды.

На территории предприятия оборудованы хозяйственные помещения, которые являются источником образования сточных вод:

Умывальник, душевая, столовая и санузел.

Водопотребление

Наименование Потребителя	Ед из ме ре ния	Коли чест во водо потре бите лей	Режим работы		Исползовано воды в системе оборотного водо снабжения		Водопотребление			
			час/ сут	сут/ год	м ³ / сут	тыс. м ³ / год	Нор ма	л/ сут	м ³ / сут	Тыс. м ³ / год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.Хозбытовые нужд:										
Рабочих-	чел.	88	24	365			25	2200	2,20	0,803
Служащих-	чел.	22	24	365			12	264	0	0,094
Душевые-	шт.	6	3	365			500	9000	0,26	9
Мойка полов-	м ² .	1512	1	365			1	1512	9,0	3,285
Столовой-	блюд.	600	24	365			100	7200	1,51	0,552
Котельная-	котел.	2	24	150	15,0	0,015	12	3000	2	2,628
									7,2	1,095
									3,0	
ВСЕГО:									23,1	8,457
									72	9
2.Производств енные нужд:										
Подпитка оборотной технической системы	м ³	130	24	365	130,	0,130	1,5 %	1980	1,98	0,723
Замена оборотной воды	м ³	230,0	24	11				12	12,0	4,38
Подпитка оборотной										

технологическая система	м ³	8,0	24	365	8,0	0,008	1,5 %	119	0,119	0,043
Замена оборотной воды	м ³	8,0	24	1					8,0	2,92
Подпитка водоема пожаротушения-	м ³	175,5	24	365			1%	1750	1,8	0,66
ВСЕГО:					138	0,138			23,90	8,726
3.полив территории:	га	1,14		150			2	3420	3,42	0,513
Орошение зеленых насаждений	га	0,089		150			30,0	4005	4,0	0,600
ВСЕГО:									7,42	1,113
ИТОГО									54,492	18,297

Водоотведение

Таблица № 11.3

Водоотведение в канализационную накопительную емкость и дренажные сооружения тыс. м ³ / год.								
Всего	В том числе							
	Нормативно чистых без очистки	Загрязненных			Нормативно – очищенных на сооружениях			
		Всего	В том числе		Всего	В том числе		
			Без очистки	Недостаточно очищенных		Биологической	Физико-химической	Механической
1	2	3	4	5	6	7	8	9

7,845	7,713				0,132			0,132
-------	-------	--	--	--	-------	--	--	-------

12. Охрана труда.

При проектировании, строительстве и эксплуатации новых и реконструкции действующих предприятий по производству стекломатериалов и изделий необходимо руководствоваться «Общими правилами по технике безопасности и промышленной санитарии для предприятий промышленности строительных материалов».

Неблагоприятные условия труда обусловлены в первую очередь повышенной концентрацией пыли и влаги в производственных помещениях; недостаточной теплоизоляцией тепловых агрегатов; ненадежным ограждением вращающихся частей механизмов и т.д.

Основные требования по технике безопасности;

- все вращающиеся части приводов и других механизмов должны быть надежно ограждены;
- токопроводящие части оборудования изолированы;
- металлические части оборудования должны быть заземлены на случай повреждения изоляции.

Пуск любого оборудования, а также сигнал о неисправностях или аварийных ситуациях должен сопровождаться звуковой и световой сигнализацией.

Обслуживание дробильных установок производится в соответствии с инструкцией, утвержденной руководством предприятия. Ремонт дробилок можно производить только после их остановки, отключении тока и принятия мер, исключающих возможность их включения другими лицами. В процессе работы дробилки запрещается проталкивать и извлекать куски, очищать от налипшего материала, а также находиться на решетке, регулировать зев дробилки, подтягивать регулирующие пружины.

Агрегатами повышенной опасности являются тепловые установки. Обслуживающий персонал допускается к работе только после проверки их знаний правил их эксплуатации. Сушильные установки должны работать под разрежением. При загрузке и выгрузке материала особое внимание нужно

обращать на то, чтобы продукты горения не попадали в цех через открытые двери тоннелей. Сушильные цеха необходимо оборудовать приточно-вытяжной вентиляцией.

Все производственные источники тепла (корпуса агрегатов, теплопроводы и др.) должны быть обеспечены устройствами и приспособлениями, резко ограничивающими выделение конвективной и лучистой энергии в рабочем помещении.

С целью снижения температуры в цехах разрабатываются и внедряются эффективные системы вентиляции, устанавливаются устройства для воздушной обдувки рабочих мест.

Меры по обеспечению техники безопасности:

- выполнять общие требования техники безопасности, согласно инструкциям по ОТ, ТБ № 23-02, № 24-02, № 6-01, № 12-01, № 1-ПО, № 2-ОТ;

- работать только в спецодежде, спецобуви, защитных очках, перчатках, респираторе;

- при обнаружении неполадок в работе оборудования, а также проявлений опасных ситуаций, немедленно поставить в известность начальника цеха.

Ликвидация аварийных ситуаций по приготовлению стекольной шихты согласно ТИ 64-17990923-3-2009.

Уровень шума при производстве стеклоизделий на рабочих местах должен соответствовать требованиям СанПиН № 0120 «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах».

В воздухе рабочей зоны уровни кальцинированной соды, пыли, окиси азота должны соответствовать предельно допустимым концентрациям в воздухе рабочей зоны в соответствии с СанПиН № 0046.

13. Гражданская оборона.

Требования к производственным помещениям

Производственные помещения должны соответствовать требованиям «Правил техники безопасности и производственной санитарии в промышленности строительных материалов» часть I СНиП 2.09.02.

Производственные помещения, в которых размещается стекловаренная печь, ванна расплава и печь отжига, относятся по взрывоопасной и пожарной опасности к категории «Г». Складские и производственные помещения, в которых размещены площадки для хранения готовой продукции относятся к категории «В».

Помещения должны быть оборудованы первичными средствами пожаротушения: ящиками с песком; порошковыми углекислотными огнетушителями; асбестовыми полотнами; внутренними пожарными кранами, рукавами и стволами.

Площадки установки контейнеров, ящиков для упаковки стекла, а также проходы и проезды должны быть ограничены сплошными линиями желтого или белого цвета шириной от 50 до 100 мм.

Для каждого пожароопасного участка должна быть разработана инструкция о мерах пожарной безопасности.

На каждое рабочее место должна быть разработана инструкция по охране труда, которая должна находиться непосредственно на рабочем месте.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.061.

Требования к размещению производственного оборудования. При эксплуатации и ремонте оборудования должны соблюдаться требования эксплуатационной и ремонтной документации, поставляемые заводом изготовителем.

Эксплуатация оборудования должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.019 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил устройства электроустановок».

Погрузочно-разгрузочные работы при складировании упакованного листового стекла должны выполняться по ГОСТ 12.3.009.

Порядок останова оборудования на ремонт, а также порядок приемки после ремонта должен соответствовать «Положению о планово-предупредительном ремонте и эксплуатации оборудования предприятий стекольной промышленности».

Контроль за безопасностью производственных процессов. Контроль за противопожарным состоянием в производственных помещениях должен осуществляться в соответствии с требованиями ППБ 01–03.

Контроль за безопасным состоянием стекловаренных печей, работающих на газовом топливе, должен осуществляться в соответствии с требованиями «Правил безопасности систем газораспределения и газопотребления».

14. Автоматизация производства.

Автоматизация технологических процессов представляет собой одно из наиболее важных направлений технического прогресса, являясь эффективным средством повышения производительности труда на современных промышленных предприятиях. В связи с этим при подготовке бакалавров технического и технологического направлений образования в настоящее время большое внимание уделяется изучению основ теории и техники измерения, автоматического регулирования технологических процессов и управления ими.

На современном этапе развития химической, пищевой, нефтеперерабатывающей и другой промышленности невозможно управлять производством без его автоматизации. Высокие температуры, давления, скорости химических реакций, большие объемы аппаратов, зависимость технико-экономических показателей производства от большого числа разнообразных факторов – все это предъявляют высокие требования к управлению производством.

На современном производстве от инженерно-технического работника требуются знания не только технологии и оборудования, но и автоматических устройств контроля и управления. Они должны уметь за показаниями измерительных приборов «видеть» ход технологического процесса, скрытого за стенками реакторов, колонн и аппаратов, вмешиваться при необходимости в работу автоматических регуляторов, устранять простейшие неисправности.

Автоматизация производственных процессов является важнейшим средством повышения производительности труда, улучшения качества готовой продукции.

Каждый технологический процесс характеризуется определенными *технологическими параметрами*, которые могут изменяться во времени. Такими параметрами являются расход материальных и энергетических потоков, химический состав, температура, давление, уровень вещества в аппарате и др. Любой технологический процесс подвержен действию различных факторов, которые нельзя заранее предусмотреть. Такие факторы называются *возмущениями*. К ним относятся, например, случайные изменения состава сырья, температуры теплоносителя, характеристик технологического оборудования и др. Возмущающие воздействия на технологический процесс вызывают изменения технологического режима, что в свою очередь приводит к изменению производительности, качество продукции, расход сырья, энергии и др. Поэтому для обеспечения заданных (требуемых) технико-экономических показателей необходимо компенсировать колебания технологического режима, вызванные действием возмущений. Такое целенаправленное воздействие на технологический процесс называется процессом управления.

Технология производства материалов и изделий.

При обработке привозного стеклобоя и сырьевых материалов, растаривание мешков с сырьевыми материалами, загрузка сырьевых материалов и составления шихты предусмотрена механизация и автоматизация технологических процессов.

Механизация:

- операция разгрузки вагонов с сырьевыми материалами грейферном краном;
- операция загрузки приемных бункеров линий обработки песка, доломита;
- линий обработки сырьевых материалов;

- поточно – транспортных линий сырьевых материалов;
- растаривание мешков с содой кальцинированной, глинозема – ручной;
- мало расходуемых компонентов шихты;

Автоматизация:

- дозирование сырьевых материалов;
- поточно – транспортные линии сырья;
- процессы приготовления шихты;

Вышеуказанные процессы выполняются по разработанной программе при использовании системы SCADA.

Для приготовления шихты:

Приемный бункер для сырьевых материалов – 3 шт;

Тельферный кран для подъема сырьевых материалов – 2 шт;

Смесительные барабаны емкостью 1600 кг – 2 шт;

Дозировочные весы – 30 до 1200 кг – 7 шт;

Элеватор ленточный ковшовый – от 4 до 33 м = 3 шт;

Бак для воды – емкостью 40 тн – 2 шт;

Распределительный вибрационный лоток – 2 шт;

Магнитный сепаратор на линии шихты + стеклобоя и песка – 2 шт;

Магнитный сепаратор на линии соды и доломита – 1 шт;

Шнековые питатели для сырьевых материалов – 8 шт;

Магнитные вибропитатели – 2 шт;

Силос для глинозема, бихромата калия, купороса медного, угля, смеси емкостью 3-3,5 тн – 5 шт;

Силос для соды кальцинированные емкостью 0 – 60 тн – 2 шт;

Силос для доломита емкостью 100 тн – 2 шт;

Силос для песка емкостью 170 тн – 2 шт.

Технологический процесс приготовления шихты:

Подготовка рабочего места и организация производственного процесса:

Обслуживание всего комплекса оборудования составного участка осуществляется составителем шихты, крановщиками, операторами ПУ.

Перед работой работающим надеть спец одежду: костюм х/б пылезащитный, ботинки кожаные, рукавицы брезентовые, очки защитные, респиратор пылезащитный, головной убор или каску.

Данная одежда, обувь не должны стеснять движения во время работы и не провоцировать несчастный случай:

Начальнику составного участка проверить;

- порядок и чистоту на рабочем месте, прилегающих к ним площадок и подходов, достаточность освещения;

Начальнику составного участка произвести внешний осмотр и проверить:

- целостность и исправность механизмов оборудования, особенно крепление вращающихся частей;

- на дозаторах – отсутствие затираний рычажном механизме;

- наличие и достаточность исходного сырья.

При обнаружении неисправности оборудования, необходимо поставить в известность механиков, электриков.

После устранения всех неисправностей, получить задание у начальника составного участка, получить рецепт у технолога на суточное задание и приступить к работе.

Используемое оборудование:

Для обработки кварцевого песка:

Кран мостовой электрический грейферный г/п5тн; $L_{пр}=22,5\text{м}$; $H=16\text{м}$;
Приемный бункер для не обработанного песка $V=18,3\text{м}^3$ –шт; емк.1,0;1,5тн-2 шт;

Вибратор MVE 500/3; $N=0,5\text{кВт}$;

Затвор шиберный ЗШР – 400= 4 шт;

Питатель качающийся ПКТ – 500; $N=4,0\text{кВт}$;

Конвейер КЛС–500L–23,07м6,5м; 5,25 м; 2,0 м; 80,57м В-0,5;0,6=5шт;

Барaban сушильный L – 5,4 м; 8,0 м; D – 1,5 м; 1,6 м; =2 шт;

Элеватор ЭЛС–50H=13,45м;11,45м;12,95м;9,95м;4,0м;5,0м;20м=7шт;

Вибросито – 2 шт;

Сепаратор магнитный БС – 32/75 – Н – 09.021= 1 шт;

Бункер отсева $V = 17,3 \text{ м}^3$; $V = 17,3 \text{ м}^3$; $V = 4,7 \text{ м}^3 = 3 \text{ шт}$;

Заслонка секторная 420 x 412; $N = 15 \text{ кВт} = 2 \text{ шт}$;

Конвейер шнековый D – 300; L – 3,0 м;

Сепаратор магнитный БС – 32/75 – 8 – 09,021 = 1 шт;

Бункер накопительный $V = 46 \text{ м}^3 = 1 \text{ шт}$;

Питатель вибрационный ПВС – 0,5/1,2 = 2 шт;

Бункер промежуточный – 1 шт;

Конвейер тоннельный КЛС – 500; L – 33,07 м – 1 шт;

Для обработки доломита:

Кран мостовой электрический грейферный г/п5тн; $L_{\text{пр}} = 22,5 \text{ м}$; $H = 16 \text{ м}$;

Бункер приемный для необработанного доломита $V = 18,3 \text{ м}^3 = 1 \text{ шт}$;

Вибратор MVE 500/3; $N = 0,5 \text{ кВт}$;

Питатель качающийся ПКТ – 500; $N = 4,0 \text{ кВт}$;

Конвейер КЛС–650L = 39,32м; 6,82м; 14,32 м; 9,0 м; $B = 0.5 \text{ мм}$; = 4шт;

Дробилка щековая СМД – 108 А = 1 шт;

Сепаратор магнитный ПН – 50/32 – Н – 0,9.013 -01 = 1 шт;

Барaban сушильный L -8 м; D -1,60; $N = 10 \text{ кВт}$; 7 кВт = 1 шт;

Дробилка молотковая М – 6 – Б СМД – 112 А; $N = 55 \text{ кВт} = 1 \text{ шт}$;

Элеватор ЭЛС – 250 Н = 9,95 м = 2 шт;

Вибросито С – 1 – 1500; $N = 55 \text{ кВт} = 1 \text{ шт}$;

Бункер накопительный для молотого доломита $V = 27 \text{ м}^3 = 1 \text{ шт}$;

Пневмолоток ПМ – 125; $N = 12,7 \text{ кВт} = 2 \text{ шт}$;

Затвор шиберный ЗШР – 400 = 1шт;

Для обработки привозного и обработанного стеклобоя;

Приемный бункер обработанного стеклобоя – 1 шт;

Транспортер для привозного стеклобоя – 1 шт;

Транспортер для привозного и возвратного стеклобоя – 1 шт;

Молотковая дробилка – 1 шт;

Магнитный сепаратор – 2 шт. КСМС – 33/60 – 32/50 – 09; 009– 1 шт;
Магнитный вибропитатель – 1 шт;
Силос для возвратного стеклобоя, емкость 150 тн – 1 шт;
Силос для привозного стеклобоя, емкость 150 тн – 1 шт;
Бункер шихты+стеклобоя, в печном отделении, мощность 65тн–1шт;
Конвейер ленточный наклонный для подачи стеклобоя В–0,3м; L–6,0м =
2 шт;

Питатель с бункера стеклобоя вибрационный – 2 шт;

Гранулятор для возвратного стеклобоя – 1 шт;

Загрузчик смеси: шихта + стеклобой в стекловаренную печь – 1 шт;

Дозировочные весы для стеклобоя – 1 шт;

Фронтальный автопогрузчик грузоподъемность 1,5 тн – 1 шт;

Дробилка «Бельче колесо»-2 шт;

Шнековая моечная машина L=5000мм производительность–30тн/сутки;

Компьютерное обеспечение процесса приготовления шихты:

Процесс приготовления шихты управляется компьютерной программой «SCADA».

При приготовлении шихты существует следующие режимы работы:

1. Выключено,
2. Ручной режим,
3. Автоматический режим,
4. Полуавтоматический режим.

Порядок действий оператора пульта управления:

Выделить на компьютере «Выгрузка бункера шихты»;

Проверить по журналу приема – передач смен записи по режиму работы пульту;

Зарегистрироваться, поменять смену;

Получить от технолога задание, рецепт по составлению шихты;

Получить подтверждение от начальника составного участка о готовности всего комплекса оборудования;

Открыть окно «Лабораторный рецепт»;
Мышкой нажать кнопку «Редактировать»;
Внести изменения по рецепту;
Нажать кнопку «Сохранить»;
Нажать кнопку «Закрыть»;
Далее дается задание через команду «Изменить F 3»;
После всех вышеперечисленных действий «Старт» происходит автоматически.

Загрузка шихты:

Загрузку материалов для получения шихты начинать после получения рецепта на состав шихты.

Загрузка сырьевых материалов шихты осуществляется в программе «Шихта», в режиме работы «Автоматика», «полуавтоматический режим», «ручной режим». По мере надобности включается режим «полуавтоматика».

Автоматический режим работы:

Приготовление шихты и транспортировка к силосу на печи осуществляется автоматически при автоматическом режиме.

Начало приготовления шихты обуславливается индикаторами уровня на загрузочном силосе или при помощи нажатия кнопки на станции бадьёвой загрузки. Если силос заполнен или получено заранее выбранное количества шихты, система останавливается автоматически.

В режиме «автоматика» загрузка компонентов шихты включается автоматически в порядке:

Загрузка сырья на весы;

Выгрузка взвешиванного песка на ленточный транспортер №107М10;

Подача песка в смеситель №1 и №2 – через 10 сек;

Подача воды;

Смешивание песка и воды – 130 сек;

Подача соды кальцинированной – 10 сек;

Подача доломита – 100 сек;

Смешивание шихты с начала цикла до 300 сек;

Загрузка стеклобоя на весы;

Выгрузка шихты на весы;

Выгрузка шихты и стеклобоя на ленточный транспортер 170M10;

Подача шихты на силос F # 1;

Время транспортировки шихты в силос F#1 составляет 8 – 10 минут, зависимости от дозировки материал. Загрузка шихты прекращается автоматически.

Вся шихта, находящаяся в процессе приготовления, транспортируются в силос, тем самым, опустошая систему. После окончания транспортировки, приготовление шихты снова начинается.

Полуавтоматический режим работы:

Полуавтоматический режим работы отличается от автоматического по следующими параметрами:

Выбор загрузочного силоса и последующий запуск системы осуществляются вручную, используя мышку на системе управления производством путем выбора и перевыбора кнопок, изображенных на силосах печи: Start/Stop , Select/Deselect.

Старт (зелен), стоп (красн) - Сигнал старта осуществляется при помощи зеленой кнопки, отображенной в области силоса на печи. Вдобавок к автоматическому предварительному выбору остановки, управляемому уровнями загрузки на загрузочном силосе, всегда возможно осуществить ручной выбор остановки при помощи красной кнопки. После запуска, производства шихты в полуавтоматическом режиме не отличается от автоматического режима.

Режим ручной работы:

В режиме ручной работы все ресиверы включается и выключается при помощи станции управления производством. Однако, групповые сцепления активны, при натяжении аварийного шнура, при старте выключателя

защищающего мотор, при выключении выключателя ремонтного, отключается не только привод, относящийся к ним, но и все последующие.

Также системы измерения активируются при ручном режиме и могут запускаться или останавливаться со станции управления производством.

Сообщение Full (полн) означает, что дозировка завершена. Таким образом, в ручном режиме полный рецепт может производиться для всех весов.

Нельзя производить общий запуск, каждый прибор должен запускаться отдельно.

Существуют следующие группы:

1. Взвешивание на каждые весы;
2. Режим разгрузки для каждой весов;
3. Смеситель без периода синхронизации;
4. Транспортировка шихты к силосу на печи;
5. Добавление стеклобоя при помощи импульсных весов.

Последовательность выполнения и содержание работы

1. Краткий анализ современных автоматизированных систем управления

Описываются основные понятия и задачи автоматизированных систем управления на основе литературных источников и соответствующих сайтов Интернета.

2. Описание автоматизируемого технологического процесса

Описывается технология производства с указанием показателей технологического регламента

3. Краткое описание системы автоматического управления (САУ) – постановка задачи

Все технологические параметры разделяются на два класса, т.е. определяются входные и выходные параметры объекта автоматизации, технологический процесс представляется в виде четырехугольного ящика, в левой части ящика указываются входные параметры $X_{вх}=\{x_1, x_2, x_3 \dots\}$, а в правой

части – выходные параметры $U_{\text{вых}} = \{y_1, y_2, y_3 \dots\}$. Выходные параметры рассматриваются как параметры готовой продукции (для данного процесса).

Целью управления является поддержание выходной величины в заданном значении, исходя из этого определяется, какая входная величина приводит к изменению выходной величины (на основе технологического регламента). Например, если $U_1 = (x_1, x_2)$, то это означает, что значение U_1 управляется изменением входных параметров x_1, x_2 . На основе изложенного векторы x_1, x_2 соединяются пунктирными линиями с вектором U_1 и определяются другие зависимости U_i .

4. Определение передаточной функции объекта управления

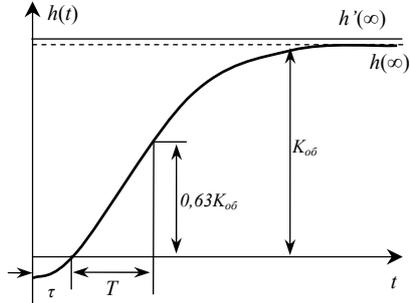
Выбор передаточной функции объекта.

На последующих стадиях обработки результатов эксперимента производят *выбор передаточной функции, необходимой для аппроксимации экспериментальных функций* с помощью типовых элементарных звеньев. Предварительный выбор передаточной функции можно сделать по начальному участку переходной функции.

Передаточной функцией, приведённой в таб.3 аппроксимируют переходные функции, наклон графиков которых в начальный момент времени максимален, т.е, переходные функции объектов с запаздыванием. Применение таких передаточных функций требует определения наименьшего числа параметров - двух для объектов с самовыравниванием. Однако переходные функции промышленных объектов не имеют, как правило, идеальных переходных характеристик. Для аппроксимации реальных переходных функций используют передаточную функцию (табл.3). Выбор аппроксимирующей передаточной функции часто определяется не только видом переходной функции, но и выбранным методом расчёта параметров расчёта регулятора, т. к. большинство из них разработаны с учётом выбора вполне определённой передаточной функции.

Определение динамических параметров объекта по его экспериментально снятой переходной функции производят графическими или графоаналитическими методами.

Таблица 14.1

Аппроксимирующая передаточная функция и переходная функция	Параметры	Определение динамических параметров
$W_{an} = \frac{k_{об}}{Tp + 1} e^{-p\tau_{об}};$ $h_p(t) = k_{об} \left(1 - e^{-\frac{t-\tau_{об}}{T_{об}}} \right)$	$k_{об}, T_{об}, \tau_{об}$	

При определении динамических параметров объекта с самовывравниванием вначале проводят линию нового установившегося значения $h(\infty)$, которое переходная функция должна достигнуть за бесконечное время. Её проводят на расстоянии примерно $0,05[h'(\infty)-h(0)]$, где h' - линия установившегося значения в последней точке переходной функции без самовывравнивания, от последних опытных значений переходной функции. Значение коэффициента передачи объекта определяют как разность установившихся нового и начального значений переходной функции:

$$K_{об} = h(\infty) - h(0).$$

Для определения временных постоянных проводят касательную в точке переходной функции, в которой скорость изменения $dh(t)/dt$ имеет максимальное значение, т.е. из всех возможных касательных, которые можно провести к переходной функции, эта касательная должна иметь наибольший угол наклона. Скорость изменения переходной функции максимальна в начале координат,

поэтому касательная проводится именно в этой точке. Проекция отрезка касательной, заключённого между прямыми $h(0)$ и $h(\infty)$, на ось времени равна постоянной времени T . А, время запаздывания, $\tau_{об}$, определяется как расстояние на оси времени между 0 и точкой пересечения кривой разгона с осью времени (рис.4).

Точность такой аппроксимации можно оценить по разности экспериментального значения переходной функции в этой точке $h_{э}(T)$ и её расчётного значения

$$h_p(T) = 0,63[h(\infty) - h(0)] = 0,63k_{об},$$

После определения параметров передаточной функции необходимо проверка адекватности модели. Для этого вычисляется расчётное значение переходной функции h_p в соответствии с передаточной функцией и вычисляется при различных значениях t по формуле, приведённой в табл. 3.

Для практических целей, по найденным параметрам найдём погрешность, возникающую при применении той или иной аппроксимирующей передаточной функции и которая должна быть не более 15% , по следующей формуле:

$$\delta = \frac{h_{\dot{y}}(t) - h_p(t)}{h_{\dot{y}}(\infty)} \cdot 100\%,$$

Расчет параметров настройки регулятора и переходных процессов.

Регулятор выбирается на основе заданного алгоритма функционирования и критериев оптимальности. В данном случае это ПИ-регулирование, критерии – $\min J$ и апериодический переходной процесс.

Для расчета параметров ПИ регулятора кроме номограмм можно также использовать аналитические формулы (табл. 14.2).

Таблица 14.2

ПИ	K_p	$\frac{0,6T}{K_{i\dot{a}} \tau}$	$\frac{1,0T}{K_{o\dot{o}} \tau}$
	T_u	$0,6T$	T

Выбор типа регулятора с использованием пакета прикладных программ MATLAB

Система управления состоит из объекта, измерительного датчика, регулятора и исполнительного механизма. Для системного анализа к системе соединяется установка для подачи ступенчатого возмущения и блок графиков для записи сигналов. На вход регулятора соединяется выходной сигнал системы, в блоке суммирования выходной сигнал регулятора суммируется с входным сигналом системы. С целью обеспечения устойчивости системы, сигнал подаваемый в блок суммирования преобразовывается в минусовое значение. Такая система называется системой отрицательной связи.

7. Выбор измерительных приборов и составление функциональной схемы автоматизации

В функциональной схеме автоматизации изображаются с помощью специальных условных обозначений выбранные первичные преобразователи (датчики), измерительные приборы, регуляторы, исполнительные механизмы.

8. Составление специфики выбранных контрольно-измерительных приборов (составляется в виде таблицы). В таблице указывается номер позиции измеряемой величины, характеристика измеряемой среды, место установки контрольно-измерительных приборов и их характеристика, а также необходимое количество.

В данном методическом указании приведены наиболее широко применяемые в настоящее время датчики фирм МЕТРАН, СИМЕНЕС, ХОНЕВЕЛ.

Рассмотрим следующий пример.

Целью является анализ и возможность управления технологическим процессом при помощи идентифицированной компьютерной модели и нахождение оптимальных параметров управляемой системы.

Рассмотрим составления автоматизированной системы управления и расчета параметров оптимального управления системы.

Управляемый объект



Рис 14.1. Расчета технологического параметра.

Управляемый параметр – $x(t_1)$

Управляющий параметр – $y(t_2)$

Данные основных параметров берётся из расчета технологического параметра.

Основные показатели, определяющий ход технологического процесса:

пределы его изменения примем равным: $t_{cp}=82,5$ °C, $t_{max}=85$ °C, $t_{min}=80$ °C.

Тогда пределы изменения температуры будет равно $\Delta t = t_{max} - t_{cp}$ или $t_{max} - t_{min}$.

$$\Delta t = t_{max} - t_{cp} = 85 - 82,5 = 2,5^{\circ}\text{C}$$

Изменение параметров расхода управляющего агента – нагревателя считаем в пределах: $G_{cp} = 50$ м³/ч, $G_{max} = 100$ м³/ч, $G_{min} = 0$ м³/ч.

Значит, максимальные пределы изменения температуры:

$$\Delta t_{max} = t_{max} - t_{cp} = 85 - 82,5 = 2,5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = \pm 2,5^{\circ}\text{C}.$$

Для перехода в компьютерную программу и ввода параметров переходим в безразмерную величину, т.е. параметры регулирующего и регулируемого значений изменяем следующим способом:

$$\Delta G_{max} = \frac{G_{max} - G_{-p\Box}}{G_{-p\Box}} = \frac{100 - 50}{50} = 1$$

$$\Delta G_{min} = \frac{G_{min} - G_{-p\Box}}{G_{-p\Box}} = \frac{0 - 50}{50} = -1$$

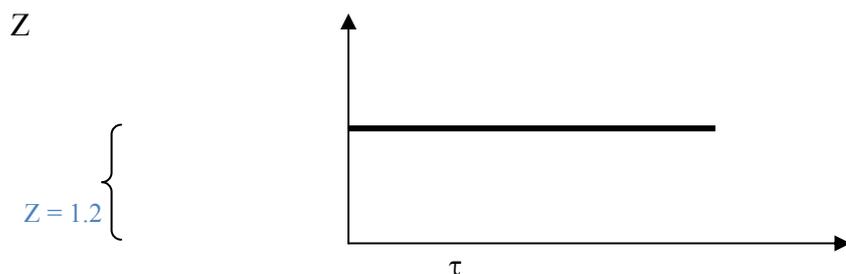
$$\Delta G = \pm 1.$$

Для получения математической модели процесса по линии управляющего параметра даем возмущения, то есть увеличиваем параметр входной величины (до G_{max}). В промышленности задаваемое на технологический объект самое

сильное возмущающее воздействие может изменить входную величину на 20%, поэтому коэффициент передачи можно принять равным $K=1.2$.

Задаем значение возмущения на объект и получим график переходного процесса технологического процесса:

$$Z = 1.2.$$



и получим следующий график динамики переходного процесса



Рис 14.2. График динамики переходного процесса.

На основе переходного процесса запишем математическую модель и передаточную функцию объекта:

$$W(p) = T_0 \frac{dy}{dt} + y = kx \qquad W(p) = \frac{k}{T_0 p + 1}$$

Для определения значения T_0 проведем касательную линию на переходной чертеж, значение $T_0 = 20$, в таком случае переходное уравнение объекта:

$$W(p) = \frac{1.2}{20p + 1}$$

Для управления технологического процесса, протекающего в данном оборудовании, применяется регулятор. По закону регулирования различаем 2-х позиционные (Пз), пропорциональные (П), пропорционально-интегральные (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД).

Имея в виду, что управляемый объект представляет собой апериодическое звено, выбираю пропорционально-интегральный регулятор.

Из этого графика определяем значения t_i для каждого значения τ начиная от 10 до 100 сек, а полученные данные записываем в таблицу 14.3. Также в таблицу вводим значение изменение температуры соответствующие значениям по времени $\Delta t_i = t_i - t_{cp}$ а также их безразмерные значения.

Значение управляющего параметра определяем Y по следующей формуле

$$Y = \Delta t / \Delta t_{max} \text{ и переведя его на безразмерную величину вводим в таблицу 3.}$$

Записываем все значения соответствующие по времени и указанные на рис. 3. В таблицу также вводим расчетные значения $Y_i\% = Y * 100\%$.

Все значения таблицы 1 определены в соответствии с рис. 14.3

Таблица 14.3

Связь управляющего параметра Y с изменением температуры

	$\Delta\tau$, сек										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
T	84	84.15	84,4	84,6	84,65	84,7	84,85	84,9	84,95	85	85
Δt	0	0.5	0,55	0,8	1,6	1,75	1,9	2,3	2,48	2,5	2,5
Y	0	0.03	0.08	0,12	0,3	0,54	0,78	0,96	0,99	1	1
Y,%	0	3	8	12	30	54	78	96	99	100	100

Максимальное значение коэффициента усиления объекта, соответствующее выходному параметру Y определяется по следующей формуле:

$$K = \frac{Y_{\max}}{Z}$$

Значение Y_{\max} берем из таблицы 3, а Z в соответствии с заданием преподавателя.

В рассматриваемом объекте самое большое безразмерное значение выходного параметра $Y_{\max}=1$, а внешнее возмущение на объект составляет $Z=0,8$. Тогда коэффициент усиления объекта составляет

$$K = \frac{1}{0.8} = 1,25$$

Выбираем модель компьютерной программы, соответствующая моделированию 3-х емкостного объекта и ПИ регулятором. Нагревательный элемент, который приведен выше, принимаем как 3-х емкостной объект (см. рис. 4).

Учитывая последовательность соединения всех емкостей, коэффициент усиления всего объекта будет равно $K = K_1 * K_2 * K_3$. Здесь K_1, K_2, K_3 - коэффициент усиления соответствующих емкостей. Значит,

$$K = K_1 * K_2 * K_3 = 1,25.$$

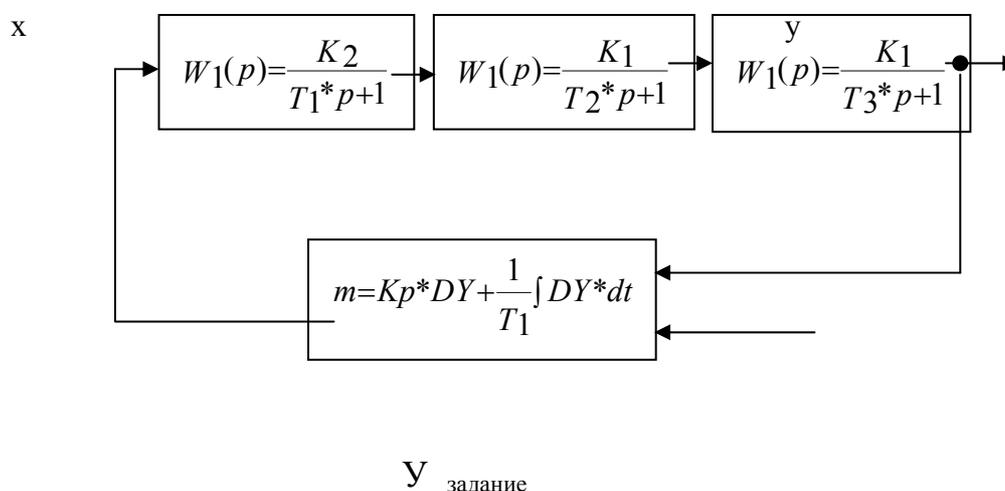


Рис.14.3. Компьютерная модель трехемкостного объекта

Выбор оптимальной системы управления осуществляется по схеме представленной на рис. 14.4.

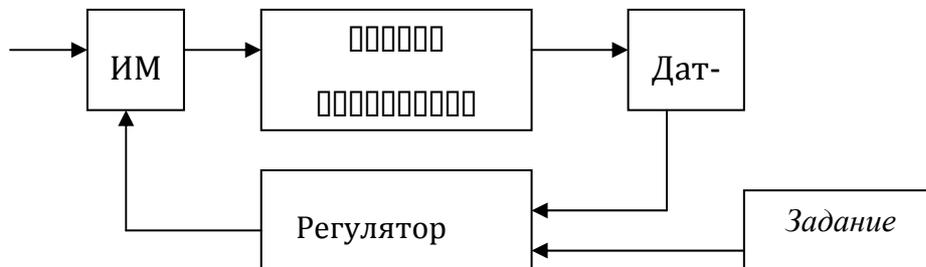


Рис.14.3. Оптимальная система управления

Для выбора датчика температуры необходимо знать погрешности измерений (абсолютная, приведенная). Датчик должен отвечать этим требованиям.

Расчет параметров настройки регулятора и переходных процессов.

Регулятор выбирается на основе заданного алгоритма функционирования и критериев оптимальности. В данном случае это ПИ-регулирование, критерии – $\min J$ и апериодический переходной процесс.

Для расчета параметров ПИ регулятора кроме номограмм можно также использовать аналитические формулы (табл. 14.4).

Таблица 14.4

Расчет параметров ПИ регулятора

ПИ	K_p	$\frac{0,6T}{K_{ia} \tau}$	$\frac{1,0T}{K_{об} \tau}$
	T_u	$0,6T$	T

Используя приведённые в табл. 14.4 формулы и на основе вычисленных параметров объекта, получим:

– для аperiodического переходного процесса;

$$K_p = \frac{0,6T}{K_{ii} \tau} = \frac{0,6 \cdot 3,1}{0,8 \cdot 0,2} = \frac{1,86}{0,16} = 11,62; \quad T_{\dot{E}} = 0,6 \cdot 3,1 = 1,86 \text{ мин.}$$

– для минимальной интегральной квадратичной оценки.

$$K_p = 1,0T = 1,0 \cdot 3,1 = 3,1 \quad T = T = 2,1 \text{ мин}$$

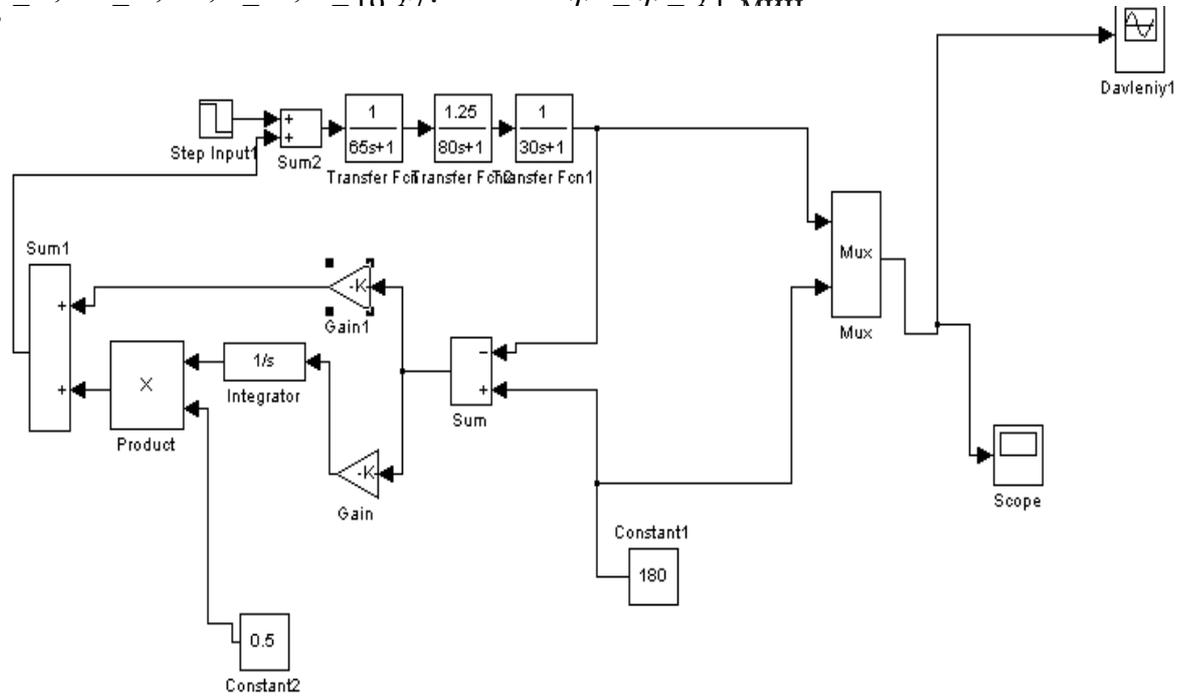


Рис. 14.4. Схема САР температуры

С помощью ЛТИ построим переходную характеристику (рис. 14.5).

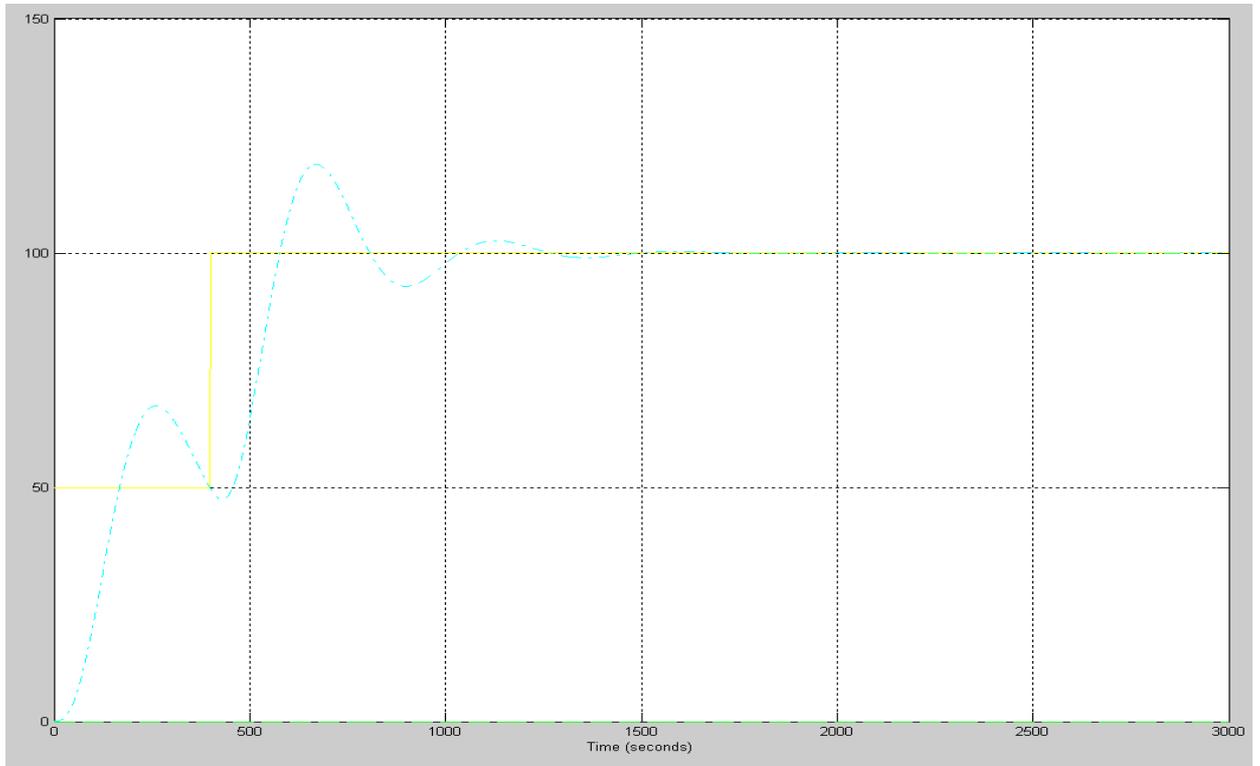


Рис. 14.5. Переходная характеристика САР

По виду переходной характеристики можно сказать, что имеющиеся показатели качества не удовлетворяют заданным:

- время регулирования составляет 48.2 с.
- установившееся значение – 2.34
- время нарастания – 16.3 с.
- статическая ошибка – 0,98

Заданные показатели качества и запасы устойчивости:

- время регулирования ≤ 58 с;
- статическая ошибка $\leq 0,08$;
- перерегулирование ≤ 15 %;
- время нарастания ≤ 25 с;

По виду переходного процесса ясно, что для обеспечения заданных показателей качества и точности переходного процесса необходимо введение в систему линейного регулятора.

Необходимым условием надежной устойчивой работы АСР является правильный выбор типа регулятора и его настроек, гарантирующий требуемое качество регулирования.

В зависимости от свойств объектов управления, определяемых его передаточной функцией и параметрами, и предполагаемого вида переходного процесса выбирается тип и настройка линейных регуляторов.

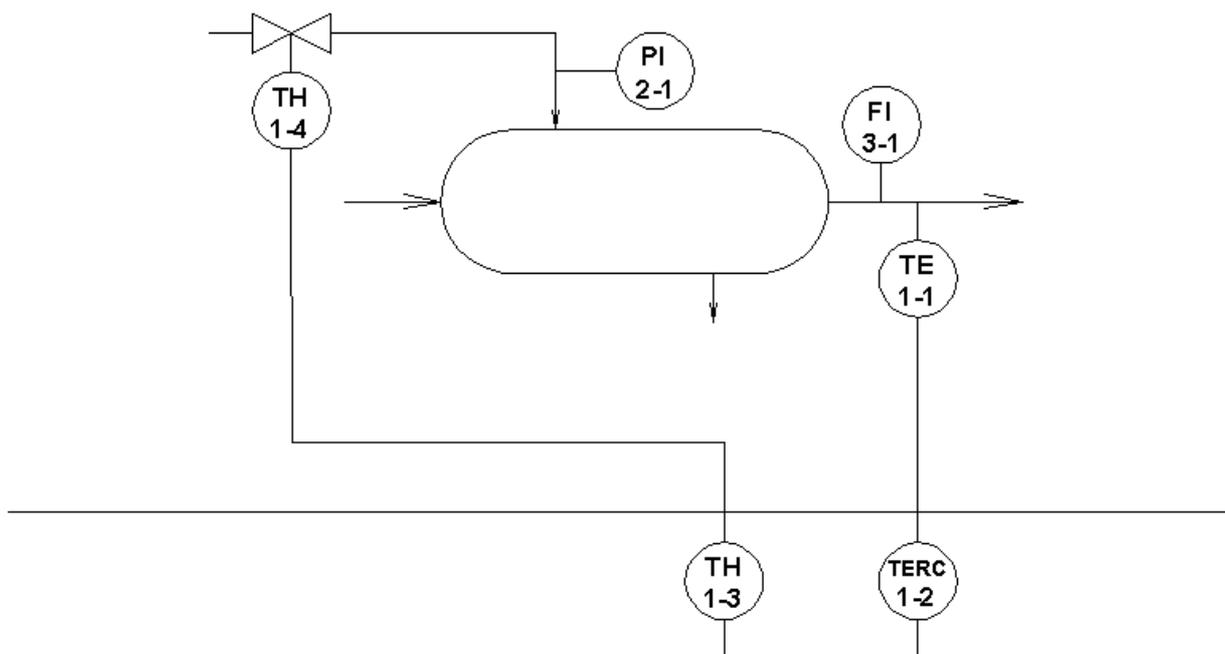
Основные области применения линейных регуляторов определяются с учетом следующих рекомендаций: И – регулятор со статическим ОР – при медленных изменениях возмущений и малом времени запаздывания ($\tau/T < 0.1$); П – регулятор со статическим и астатическим ОР – при любой инерционности и времени запаздывания, определяемом соотношением $\tau/T < 0.1$;

ПИ – регулятор – при любой инерционности и времени запаздывания ОР, определяемом соотношением $\tau/T < 1$;

ПИД-регуляторы при условии $\tau/T < 1$ и малой колебательности исходных процессов.

Исходя из выше изложенных рекомендаций и учитывая, что вид переходной характеристики напоминает изодромный процесс, видно, что в данную систему подойдет ПИД – регулятор.

Функциональная схема системы управления представляется в виде:



Условные обозначения первичных преобразователей и измерительных приборов выполняются в соответствии с ГОСТ 21.404-85.

Составляем спецификации контрольно-измерительных приборов в виде следующей таблицы 14.5.

Таблица 14.5

Характеристика и параметры контрольно-измерительных приборов

Поз №	Измеряемая величина	Измеряемая среда	Место установки	Характеристика измерительных приборов	Кол-во	Прим.
1-1	Температура 20С	Не агрессивная	По месту	Термометр сопротив. Метран ТХАУ, 0-100 °С	1	

1-2	Температура 20°C	Не агрессивная	На щите	Управляемая установка для измерения температуры ОВН ТРМ12 , управляется программой	1	
1-3	Температура 20°C	Не агрессивная	По месту	Электрический исполнительный механизм ОВЕН ТРМ -212	1	
2-1	Давление воды	Не агрессивная	По месту	Метран-55.	1	
3-1	Расход	Не агрессивная	По месту	Электронный расходомер МЕТРАН-331, Dymetic/	1	

15. Экономическая часть.

Стоимость сырья и материалов для изготовления одной тонны сортового стекла приведены в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Стоимость сырья и материалов для изготовления одной тонны сортового
стекла

		Нормы расхода сырья и материалов.		
Наименование	Ед. Изм.	Нормы расхода 77/23	Цена, сумм (местные материалы)	Стоимость 1тн стекломассы, сумм .
Песок кварцевый	кг	570,4	150	85560
Доломит	кг	89	155	13795
Сода кальцинирование	кг	184	700	128800
Глинозем	кг	13,8	1530	21114
Известняк	кг	43,6	150	6540
Поташ	кг	19	900	17100
Сульфат натрия	кг	0,96	900	864
Покупной стеклобой	кг	230	150	34500
Вспомогательные материалы				22888,8
Пленка термоусадочная (рукав) 0,15 мм	кг	2,72	11900	32368
Поддон гофрированный (1014 x 1194 x 142)	Шт	9,56	5100	50745

Поддон деревянные	шт	1,59	20400	32436
Осн.сырье и матер.				308273
Упаковка				115549
Вспомогательные материалы				22888,8
Итого :				446710,8

Таблица 15.2

Годовая программа производства по печи 50 тн.

Наименование оборудования	Наименование продукции	Скорость литья продукции				Выход годных		Масса нетто продукции	Объем годной стекло массы
		Шт / мин	Шт/ час	Шт/ сутки	Шт / год	%	Шт / год	Гр	Тонна/год
Линия ИС- 8		208	1250 0	30000 0	105 000 000			160	48000
Всего	Стакан	208	1250 0	30000 0	105 000 000				48000

Таблица 15.3

Энергоносители

Показатели	Единица измерения	Годовая потребность	Цена за единицу	Годовая стоимость
------------	-------------------	---------------------	-----------------	-------------------

			(сум)	(сум)
Электроэнергия	кВт час	3650000,0	164, 25	599512500
Газ природный	м ³	4136666,0	206, 55	854428362, 3
Всего				1453940862.

Таблица 15.4

Трудозатраты

Показатели	Количества	Среднемесяч ная з/плата (сум)	Годовой фонд з/плата (сум)	Структура (%).
Производства				
Работники основного производства	60	650000,0	468000000	
Вспомогательны е работники	28	650000,0	218400000	
Всего	88		686400000	
Отчисления на соц.страхование	25%		171600000	
Итого			858000000	73%
Администрация		900000,0		
Всего	22	900000,0	237600000	
Отчисления на соц. страхование	25%		59400000	
Итого			297000000	27%
Всего	100		115500000 0	

ФАКТИЧЕСКАЯ КАЛЬКУЛЯЦИЯ
на 1 стакан 250 мл, 0,16 кг (бесцветное стекло)

№ п/п	Наименование статей затрат	Сумма затрат, сум
1	Сырьё и материалы всего	71,47
	в том числе	
	- основное сырьё	49,32
	- упаковка	18,49
	- вспомогательные материалы	3,66
2	Энергоносители	17,13
3	Зарплата производственных рабочих	19,30
4	Социальные отчисления	4,82
5	Амортизация основных производственных фондов	62,00
6	Прочие производственные расходы	11,00
	Производственная себестоимость	185,72
7	Расходы периода	42,20
	Полная себестоимость (ПС)	227,92
	Прибыль (П)	56,98
8	Цена без НДС	284,90
	НДС 20 %	56,98
9	Отпускная стоимость с НДС	341,88

Рентабельность производства

$$P = П/ПС \cdot 100 \%$$

$$P = 56,98 / 227,92 \cdot 100 \% = 25 \%$$

Основные технико-экономические показатели производства приведены в табл. 15.6.

Таблица 15.6

Основные технико-экономические показатели производства

№	Наименование продукции	Единица измерения	Показатели производства
1	Годовой выпуск продукции		
	а) в натуральном выражении	млн.шт./год	105
	б) стоимость товарной продукции	млн.сум./год	36.897
2	Себестоимость единицы продукции	сум/1 шт.	342
3	Себестоимость годового выпуска продукции	млн.сум.	23.932
4	Оптово-отпускная цена единицы продукции		
	а) без НДС	сум/1 шт.	285
	б) с НДС	сум/1 шт.	342
5	Необходимая прибыль	сум/1 шт.	57
6	Рентабельность продукции	%	25
7	Заработная плата рабочего за месяц	сум.	650000
8	Заработная плата цехового персонала за месяц	сум.	900000

Выводы:

Для получения 50 тонн сортового стекла с химическим составом -73%, -2%, -13,5%, -2%, -7%, -2,5%, необходимы песок Джеройского месторождения – 37,04 т; доломит Дехканабадского месторождения – 5,78 т; поташ – 1,24 т; известняк Джизакский месторождения – 2,83 т; сода Кунгратского содового завода – 11,95 т; технический глинозем – 0,89 т.

Для грубого измельчения доломита и известняка была выбрана щековая дробилка со сложным движением щеки. Рассчитаны конструкционные параметры дробилки:

Загрузочное отверстия ширина – 350 мм, глубина – 853 мм. Производительность дробилки – 11,82 м³/ч;

В соответствии с этим выбрана щековая дробилка со сложным движением щеки СМД – 28 (СМ - 741).

Для получения стекла вышеприведенного химического состава выбрана ванная регенеративная печь непрерывного действия. Производительность печи 50 т стекломассы в сутки. Максимальная температура варки – 1500 °С. Влажность шихты 3%. Топливо – газ Газлинского месторождения. Теплотворность -36531.12 кДж/ нм³. Определены площадь варочной части печи = 36,2 м², длина варочная части 4,7 м, ширина – 3,5 м. Площадь студочной части – 16,45 м², ширина студочной части – 2,8 м. Рассчитан материальный баланс процесса горения на 100 нм³ газа при избытке воздуха $\alpha = 1,2$.

16. Список использованной литературы.

1. И.А.Каримов «Информационное сообщение о заседании Кабинета Министров Республики Узбекистан», «Правда Востока» №13. 18.01.2014 г
2. www. Zerkalo XXI. Еженедельная газета.
3. www N.A. REGNUM.
4. [http: //avtooyna.uz](http://avtooyna.uz) .
5. www. UzDaily. Uz.
6. И.А.Каримов «Доклад президента Республики Узбекистан на заседании Кабинета Министр, посвященном итогам социально – экономического развития в 2013 году», «Вечерний Ташкент» №13.20.01.2014 г.
7. И.А.Каримов. «Мировой финансово – экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Республики Узбекистана» - Ташкент; Узбекистан, 2009 год. –с. 47.
8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30407-96 «Посуда и декоративные изделия из стекла». Введен в действие 01.01.1998 г.
9. «Русско – Узбекский словарь политехнических терминов», ТГТУ, 1995 год -356 с.
10. Ю.А.Гуляян, О.А.Голозубов. «Справочник молодого рабочего по производству и обработке стекла и стеклоизделий». Москва. Издательство «Высшая школа», 1989 год -223 с.
11. Н.М. Бобкова, Е.М. Дятлова, Т.С. Куницкая, Минск. «ВЫШЕЙШАЯ ШКОЛА», 1987 год. 287 с.
12. В.А.Федорова, Ю.А. Гуляян «Производство сортовой посуды», Москва; Легкая и пищевая промышленность. 1983 год. 182 с.
13. И.А. Булавин, И.А. Макаров, А.Я. Рапопорт, В.К. Хохлов, «Тепловые процессы в технологии силикатных материалов», Москва; Стройиздат. 1982 год. 246с.
14. Г.П. Беспмятнов, К.К. Богушевская, А.В. Беспмятнова, Ю.А. Кротов, Л.А. Зеленская, В.Ф. Плехоткин, Г.Г. Смирнов «Предельно допустимые

концентрации вредных веществ в воздухе и воде», Ленинград; Издательство «ХИМИЯ». 1972 год. 375с.

15. Полоцкий Л.М, Лапшенков Г.И. «Автоматизация химических производств», Учебное пособие для ВУЗов, Москва; Химия. 1985 год.

16. Полоцкий Л.М, Лапшенков Г.И. «Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации», Москва; Химия. 1982 год. 296 с.

17. Петров И.К. «Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности», Москва; Агропромиздат, 1995 год.

18. Дж.Фрайден «Современные датчики. Справочник», Москва; Техносфера. 2005 год.

19. М.Я. Сапожникова «Механическое оборудование предприятий строительных материалов», Москва; Машиностроение, 1978 год. 111 с.

20. А.П. Ильевич «Машина и оборудование для заводов по производству керамика и огнеупоров», Москва; «Высшая школа». 1979 год. 343 с.

21. Бобкова Н.М, Папко Л.Ф. «Химическая технология стекла и ситаллов . Практикум для студентов» Минск. БГТУ, 2005 год. 195 с.

22. П.В. Левченко «Расчеты печей и сушил силикатной промышленности» Москва; 1968 год. 366 с.

23. Б.В. Будасов, ВП Каминский. Строительное черчение. М.: Стройиздат, 1993 г. 464 с.