

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

## ПОЯСНИТЕЛЬНО-РАСЧЕТНОЕ ОПИСАНИЕ

Квалификационной выпускной дипломной работы по теме:

*Проект производства стеклянной мозаичной плитки из местного сырья,  
теплотехнический расчет ванной печи*

Заведующая кафедрой **проф. Арипова М.Х.**

Руководитель **проф. Арипова М.Х.**

Консультации по частям:

Технологическая часть **проф. Арипова М.Х.**

Экономика \_\_\_\_\_

Экология \_\_\_\_\_

Охрана труда \_\_\_\_\_

Гражданская защита \_\_\_\_\_

Автоматика \_\_\_\_\_

Выполнил выпускную дипломную работу \_\_\_\_\_

Ташкент - 2017 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.**

**«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 год**

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ**

**Студент: БЕКБАЕВА ФЕРУЗА УРАЗАЛИ КИЗИ**

1. Тема выпускной дипломной работы: **Проект производства стеклянной мозаичной плитки из местного сырья, теплотехнический расчет ванной печи**

Утверждена на заседании кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

2. **Исходные данные для выпускной дипломной работы**

3. Содержание пояснительной части выпускной дипломной работы \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

4. **Список графической части (чертежи с полным названием)**

---

---

---

---

---

---

---

## 6. Консультанты по выпускной дипломной работе

№	Консультативные части	Консультанты (Ф.И.О.)	Задание выдано (подпись, дата)	Задание выполнено (подпись, дата)
1.	Технологическая часть	<b>проф. Арипова М.Х.</b>		
2.	Экономич.часть			
3.	Автоматизация производства			
4.	Охрана труда			
5.	Экология			
6.	Гражданская оборона			

№ т/р	Этапы	Срок выполнения (дата)	Отметка о выполнении
1	<i>Введение. Техничко-экономическое обоснование.</i>	<i>18/05/2015-20/05/2015</i>	Выполнено
2	<i>Технические требования, предъявляемые к производимой продукции.</i>	<i>21/05/2015</i>	Выполнено
3	<i>Теоретические основы физико-химических процессов в производстве.</i>	<i>22/05/2015</i>	Выполнено
4	<i>Характеристика сырьевых материалов и предъявляемые к ним требования.Расчёт материалбного баланса.</i>	<i>23/05/2015-25/05/2015</i>	Выполнено
5	<i>Выбор метода производства Выбор технологической схемы производства и его описание.</i>	<i>26/05/2015-27/05/2015</i>	Выполнено
6	<i>Выбор технологического оборудования, их техническое описание и расчёт.</i>	<i>28/05/2015-30/05/2015</i>	Выполнено
7	<i>Тепло-технический расчёт теплового оборудования. Контроль производства.</i>	<i>01/06/2015-06/06/2015</i>	Выполнено
8	<i>Экологическаячасть.Охрана труда.</i>	<i>08/06/2015-10/06/2015</i>	Выполнено
9	<i>Гражданская оборона.</i>	<i>11/06/2015-13/06/2015</i>	Выполнено
10	<i>Автоматизация производства.</i>	<i>15/06/2015-17/06/2015</i>	Выполнено
11	<i>Экономическая часть. Список использованной литературы.</i>	<i>18/06/2015-20/06/2015</i>	Выполнено

Руководитель выпускной работы \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество) (дата)

Задание принял \_\_\_\_\_  
(фамилияси, исми, шарифи) (дата)

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ГОД

## Содержание:

1.	Введение.....	5
2.	Технико – экономическое обоснование.....	7
3.	Требования, предъявляемые к готовой продукции.....	11
4.	Теоретические основы физико – химических процессов при производстве мозаичной плитки.....	14
4.1.	Процесс термообработки – варки и кристаллизации стекла.....	15
4.2.	Процессы измельчения при производстве мозаичной плитки.....	21
5.	Характеристика сырьевых материалов и требования, предъявляемые к ним в производстве строительных материалов.....	25
6.	Материальный баланс производства.....	29
7.	Выбор способа производства.....	37
8.	Выбор технологической схемы производства и её описание.....	42
9.	Выбор оборудования и его технический расчёт.....	49
9.1.	Технический расчёт шаровой мельницы.....	58
10.	Теплотехнический расчёт ванной печи.....	60
10.1.	Расчёт природного газа.....	61
10.2.	Тепловой баланс.....	66
10.3.	Тепловой расчёт регенератора.....	76
10.4.	Аэродинамический расчёт .....	85
10.5.	Технический расчёт ванной печи.....	90
11.	Контроль производства.....	94
12.	Охрана окружающей среды.....	97
13.	Гражданская защита.....	104
14.	Охрана труда.....	110
15.	Автоматизация производства.....	118
16.	Экономическая часть.....	133
17.	Список использованной литературы.....	140

# **ВВЕДЕНИЕ**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития техники вызывает необходимость создания новых материалов, обладающих особыми, не присущими природным материалам свойствами. К таким материалам относятся стеклянные мозаичные плитки. Мозаичная плитка обладает ценными свойствами: морозостойкостью, водопроницаемостью, устойчивостью к перепадам температур, стойкостью к коррозии и биовоздействию, достаточно высокой прочностью и сравнительно малой плотностью; не проводит электрический ток, практически не подвергается разрушению при соприкосновении с химическими веществами, не изменяет своего цвета под воздействием солнечных лучей; является одним из самых гигиеничных материалов, на которые не могут долго существовать микробы. Преимущества и недостатки мозаичной плитки очевидны, поэтому ее производство является весьма актуальным.

В настоящее время, несмотря на большое количество потребности в данном продукте, в республике существуют единицы маленьких цехов по производству мозаичных плит, которые не могут удовлетворить потребности даже внутреннего рынка, не говоря уже об экспорте.

Президент Республики Узбекистан Ш.М. Мирзиёев в своем постановлении N ПП-2884 от 12.04.2017 г. отметил, что «В целях кардинального повышения конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках производимой, в частности, стекольной продукции снижения себестоимости, расширения ассортимента и увеличения объема производства можно достигнуть за счет использования местных сырьевых материалов, увеличивая при этом качество продукции».[1]

В связи с чем, данная выпускная работа направлена на разработку проекта стеклянной мозаичной плитки на основе местного сырья, позволяющая улучшить качество продукции, увеличить ассортимент продукции, обеспечить новых рабочих мест и, в частности, снизить себестоимость готовой продукции.

# **ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

## 2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Общеизвестно, что рост экономики страны во многом зависит от использования местных сырьевых ресурсов, производительности, качества продукции и, естественно, от прибыли выпускаемых изделий.

На сегодняшний день мозаичные плиты, в основном, являются импортным видом строительных и декоративных материалов, которые привозят в нашу республику за валюту, несмотря на это ежегодное увеличение потребности в данном виде продукта увеличивается.

Качество продукции в производстве прежде всего зависит от качества используемых сырьевых материалов, в частности чтобы получить качественные мозаичные плитки необходимо использовать чистые по своему химическому составу сырьевые материалы. Для производства мозаичных плит основным сырьевым материалом является кварцевый песок. В нашей республике существуют около 100 месторождений кварцевых песков. Самым качественным сырьевым песком среди них является кварцевый песок Жеройского месторождения, который имеет следующий химический состав, приведенный в таблице 1:[2]

Таблица 1

	Химический состав, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	п.п.п
Кварцевый песок Жеройского месторождения	99,06	0,20	0,18	0,05	0,29	0,1	0,04	0,08	
Кварцевый песок Новосёлоского месторождения	99,0	0,3	0,175	0,03	0,3	0,1	0,03	0,065	
Технический глинозём	0,40	97,90	0,35	-	-	-	0,05	-	1,29
Поташ	-	-	-	-	-	65,7	-	-	34,3
Мел	1,47	-	53,90	-	-	-	0,06	-	43,9



Самаркандского месторождения									
Нитрат натрия	-	-	-	-	73,0	-	-	-	27,0
Барий углекислый	-	-	-	77,7	-	-	-	-	22,3

Из таблице 1 видно, что кварцевый песок Жеройского месторождения по сравнению с Украинским кварцевым песком Новосёлского месторождения по химическому составу буквально не отличается, в связи с чем в проекте предусмотрена использование кварцевого песка Жеройского месторождения как главное месторождение по производству мозаичных плит. Как было выше сказано на качество готовой продукции для производства мозаичных плит играет большую роль химический состав сырьевых компонентов. Используемый мел также имеет химический состав с низким содержанием красящих компонентов, в частности  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,06\%$ .

Анализируя данные по сырью можно сказать, что местное сырье ничем не уступает аналогам из зарубежных стран для выпуска мозаичных плит.

Выбор места для сооружения завода по производству мозаичных плит из местного сырья, естественно, должно быть связано с сырьевыми ресурсами. Основным компонентом для производства стеклянной мозаичной плитки является кварцевый песок, который широко распространено в нашей республике. Поэтому такие сравнительно качественные сырьевые материалы обуславливают снижению себестоимости выпускаемой продукции, в частности стеклянных мозаичных плит. На себестоимость продукции также влияет местоположение проектируемого производства от карьера сырьевых материалов, в связи с чем нами выбран проектирование предприятия вблизи от сырьевых материалов, в частности территория Навоийская область, что позволяет также снизить себестоимость продукции.

Согласно вышеизложенному обоснованию, а также в соответствии с указом Президента РУз о «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» [3] мною выбрана тема выпускной

квалификационной работы «Производство мозаичных плит из местного сырья мощностью 30 т/сутки», позволяющая улучшить качество продукции, созданию новых рабочих мест, увеличению ассортимента продукции и, в частности, снижению себестоимости продукции, ничем не уступающая по конкурентоспособности зарубежному аналогу.

# **ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

### 3. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

К стеклянной мозаике предъявляется ряд требований как по внешнему ее оформлению и соответствию размеров нормативным документам, так и по физико – химическим свойствам, и прежде всего по прочности, химической устойчивости и термостойкости.[4]

Стеклянная мозаика должна быть хорошо отформована. Ее поверхность должна быть гладкой. На ней не допускаются резко выраженные морщины, складки, кованость и другие заметные дефекты.

Стекломасса для стеклянной мозаики должна быть хорошо проварена и осветлена. На поверхности и в толще изделий не допускаются свиль, инородные включения и непровар, открытые и продавливаемые пузыри, а также всевозможные загрязнения, не удаляемые моющим раствором.

Требования по физико-химическим свойствам к стеклянной мозаике в зависимости от вида изделий несколько различны. Требования по механической прочности не так высоки: они должны выдерживать давление в зависимости от вместимости изделий от 0,3 до 0,5 МПа.

Термическую устойчивость стеклянной мозаики оценивают по диапазону перепада температур, который она выдерживает, не разрушаясь, и последовательности смены температур.

Требования к морозоустойчивости стеклянной мозаики должны способствовать выдерживать не менее 100 циклов перехода от минусовых температур (-30 °C) к плюсовым без потери качества.

Водопоглощение должно равняться нулю.

Химические составы мозаичных стекол преимущественно содержат  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ . Для улучшения их выработочных и физико-химических свойств в составы стекол вводят  $\text{MgO}$  до 3-3,5% и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 3-5%, иногда до 5-7%.

В зависимости от заданного цвета стекла лимитируется содержание оксидов железа. В бесцветных стеклах  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  содержится до 0,1%, в полубелых - до 0,5%. Окрашенные стекла могут содержать  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 1,5-2% и  $\text{MnO}$  до 1-2%. В последнее время часть  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  заменяют на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Выбор химического состава определяется во многом способом формования изделий.[5]

Стеклянные мозаичные плитки для строительной промышленности должны соответствовать требованиям, установленным ГОСТ 17057 – 89 «Плитки стеклянные. Общие технические условия».

Строительный завод может производить стеклянную мозаичную плитку по индивидуальным заказам потребителей:

Обозначение НДТ, за который дана ссылка	Номер пункта, продукта
ГОСТ 166 – 80	3.1
ГОСТ 427 – 75	3.2
ГОСТ 515 – 77	1.5.1
ГОСТ 2067 – 80	1.3.4
ГОСТ 2226 – 88	1.5.2
ГОСТ 2228 – 81	1.3.3
ГОСТ 7502 – 80	3.2
ГОСТ 8273 – 75	1.3.3
ГОСТ 14192 – 77	1.4.2
ГОСТ 18477 – 79	1.5.2
ГОСТ 21929 – 76	1.5.1; 1.5.2
ГОСТ 24597 – 81	1.5.1; 1.5.2

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ ФИЗИКО –  
ХИМИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ПРИ  
ПРОИЗВОДСТВЕ  
МОЗАИЧНОЙ ПЛИТКИ**

## **4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛЯННОЙ МОЗАИКИ**

### **4.1. ПРОЦЕСС ТЕРМООБРАБОТКИ – ВАРКИ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТЕКЛА**

Варка стекла — это протекающий при высоких температурах процесс превращения сыпучей шихты в расплав стекломассы, который при охлаждении становится готовым стеклом; процесс протекает в стекловаренных печах. Условно процесс варки разделяют на пять стадий: силикатообразование, стеклообразование, осветление, усреднение или гомогенизация состава, охлаждение (студка).

Силикатообразование — начальная стадия варки, во время которой в результате физических и химических процессов, в твердом состоянии образуются сложные силикатные соединения. Протекает эта стадия при температурах 800...1000 °С.

Сырьевые материалы (компоненты шихты) при прохождении этой стадии претерпевают ряд превращений: влага испаряется; гидраты, соли, низшие оксиды разлагаются и теряют летучие соединения; кремнезем меняет свое кристаллическое строение. Кроме того, на этой стадии выделяется большое количество углекислого газа  $\text{CO}_2$ . Этот газ в виде пузырей поднимается на поверхность вязкого расплава, где пузыри лопаются, поэтому поверхность такого расплава выглядит как бы кипящей (отсюда и происхождение термина — варка стекла). На этой стадии образуется неоднородная частично остеклованная масса, пронизанная большим числом пузырей и содержащая множество непроваренных зерен песка.

Химическая реакция	Температура, °С
$K_2CO_3 \rightarrow K_2O + CO_2\uparrow$	897
$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2\uparrow$	915
$2BaCO_3 \rightarrow BaO \cdot BaCO_3 + CO_2\uparrow$ $BaO \cdot BaCO_3 \rightarrow 2BaO + CO_2\uparrow$	
$2NaNO_3 \leftrightarrow 2NaNO_2 + O_2$ $4NaNO_2 \rightarrow 2Na_2O + 2N_2 + 3O_2$	318 выше 350

Стеклообразование — вторая стадия варки, во время которой происходит физический процесс растворения зерен избыточного песка в расплаве силикатов и стеклобоя. На этой стадии заканчиваются все химические реакции. В результате взаимодействия между гидратами, карбонатами, сульфатами окончательно формируются сложные силикаты; зерна кварца полностью растворяются и переходят в расплав. Температура 500...1400 °С на этой стадии недостаточна для плавления кварцевого песка, поэтому он не плавится, а растворяется; стекломасса становится относительно однородной и прозрачной без непроваренных частиц шихты.

В результате подъема температуры увеличивается подвижность атомов и молекул, составляющих стекломассу, что ведет к ускорению взаимного растворения кремнезема и силикатов. Благодаря этому выравнивается концентрация растворов силикатов на различных участках. Все эти превращения сопровождаются выделением большого количества газообразных продуктов. Вязкость расплава еще достаточно высока, поэтому газообразные продукты не успевают улетучиваться, и стекломасса бывает насыщена большим количеством пузырей.

В результате на второй стадии образуется неоднородная стекловидная масса, пронизанная большим количеством мелких газовых пузырьков, но уже не содержащая включений непроваренных зерен песка.



### *Точки плавления и теплоты образования силикатов*

Наименование соединений	Температура плавления, °C	Взаимодействующие окислы	Теплота образования
$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	1088	$\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	+ 97,85
$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	966	-	-
$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	1540	$\text{CaO} + \alpha = \text{кварц.}$ $\text{CaO} + \beta = \text{кварц.}$	19,64 0,4
$\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2$	1604	$\text{BaO} + \text{SiO}_2$	20,21
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	1816	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$	+ 45,25

Осветление — третья стадия варки стекла. Она характеризуется тем, что происходит удаление газовых включений в виде видимых пузырей и в результате между стекломассой (жидкой фазой) и газами, растворенными в ней (газовая фаза), устанавливается равновесие. Из всех стадий процесса варки осветление и следующая за ней стадия усреднение (гомогенизация) — наиболее ответственные и сложные. Качество стекломассы зависит от того, насколько полно и интенсивно проходят эти стадии.

В расплаве стекломассы находятся газы, образовавшиеся в результате разложения и взаимодействия компонентов шихты; газы, механически внесенные вместе с шихтой; летучие вещества, специально введенные в шихту; газы, попадающие в расплав из атмосферы. Наибольшее количество газов заносится в стекломассу с сырьевыми материалами. При осветлении удаляются только видимые пузыри. Часть газов остается в стекломассе, растворяясь в ней. Они невидимы глазом, а поэтому не искажают оптических характеристик стекла. Чтобы эти невидимые газообразные включения не могли перейти в видимые пузыри и тем самым испортить стекло, в процессе осветления устанавливают равновесие между газами, растворенными в стекломассе и заключенными в пузырях, создавая в печи определенные условия.

Осветление происходит следующим образом: крупные пузыри поднимаются к поверхности и лопаются. По законам физики внутри крупных пузырей давление ниже, чем внутри более мелких. Поднимаясь более легко к поверхности, крупные пузыри по пути всасывают содержимое более мелких пузырей, в результате стекломасса осветляется. Совсем мелкие пузырьки растворяются в расплаве.

Углекислота, парциальное давление которой невысоко, стремясь выровнять свое давление, переходит в образовавшиеся от разложения осветлителя пузырьки. Они укрупняются, подъемная сила их увеличивается, вследствие чего они поднимаются к поверхности и лопаются. Газ, содержащийся в них, переходит в атмосферу печи. В свою очередь, газы, образующиеся при разложении осветлителя, переходят в мелкие пузырьки углекислого газа, укрупняют их, чем способствуют их подъему и тем самым осветлению стекломассы.

Усреднение (гомогенизация) состава — четвертая стадия процесса стекловарения — характеризуется тем, что к ее концу стекломасса освобождается от пузырей, свилей и становится однородной. Несмотря на то, что в печь поступает однородная, хорошо перемешанная шихта, физические и химические процессы протекают в шихте между ее компонентами неоднородно, поэтому и состав стекломассы в различных участках печи оказывается неоднородным. При повышенных температурах составляющие части стекломассы находятся в непрерывном естественном движении, поэтому локальные порции стекломассы различного состава вытягиваются в направлении движения, образуя переплетенные жгуты, нити, которые называются свилями. Если такое стекло резко охладить, то из-за различия в показателях преломления граница раздела между участками с разным химическим составом становится видимой невооруженным глазом. Свиль, таким образом, является пороком стекла, ухудшающим эстетический вид изделия.

Гомогенизация осуществляется в основном за счет интенсивного движения (диффузии) веществ, составляющих стекломассу. Чем выше температура варки и, как следствие, ниже вязкость расплава стекла, тем лучше условия диффузии, и, наоборот, диффузия в вязкой среде, при пониженных температурах, протекает медленно и до конца варки не заканчивается. Поэтому при гомогенизации температура стекломассы играет решающую роль.

Значительно ускоряет гомогенизацию выделение пузырей. Поднимаясь к поверхности, они растягивают пограничные пленки стекла разного состава в тончайшие нити с сильно развитой Удельной поверхностью и облегчают взаимную диффузию стекломассы соседних участков. Таким образом, процесс усреднения стекла тесно переплетается с осветлением. При варке стекла в промышленных печах стадии осветления и гомогенизации протекают одновременно в одинаковых условиях, поэтому зону осветления невозможно отделить от зоны гомогенизации.

Важное значение для получения однородной стекломассы имеет ее искусственное перемешивание. Для получения однородной массы при гомогенизации большое значение имеет однородность и тонкость помола шихты. Оказывает влияние на однородность стекломассы и бой стекла загружаемый с шихтой в печь. Обычно бой стекла несколько отличается по химическому составу от основного стекла, так как в процессе предыдущей варки он теряет часть летучих компонентов, обогащается растворенными газами и пр. Поэтому, бой стекла измельчают и равномерно распределяют в шихте.

После осветления и гомогенизации стекломасса по своему качеству полностью отвечает предъявляемым к ней требованиям, однако из-за высокой температуры расплава и низкой вязкости формировать его невозможно. Поэтому задача заключительной стадии стекловарения — подготовить стекломассу к формированию.

Охлаждение (студка) — пятая, заключительная стадия процесса стекловарения. Она характеризуется тем, что температуру стекломассы понижают для создания вязкости, позволяющей формовать из нее изделия. Температура стекломассы на этой стадии поддерживается около 1200 °С.

Стекломассу охлаждают плавно и постепенно — при резком охлаждении может нарушиться равновесие между жидкой и газовой фазой, что приведет к новому образованию газовых включений в виде мельчайших пузырьков (вторичной мошки). Освободить стекло­массу от подобных газовых включений трудно из-за ее повышенной вязкости. Чтобы избежать появления пороков стекла на заключительной стадии, необходимо строго придерживаться установленного режима давления газовой атмосферы печи и понижения температуры.[6]

## **4.2. ПРОЦЕССЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЗАИЧНЫХ ПЛИТ**

Измельчение – это процесс уменьшения размеров частиц твердого тела до требуемых размеров путем механического воздействия.

В производстве мозаичных плит измельчающее оборудование применяется для следующих целей:

- для улучшения однородности смесей;
- для ускорения и повышения глубины протекания химической реакции;
- для повышения интенсивности сочетаемых с ним других технологических процессов (перемешивание, сушка, обжиг, химические реакции);
- для снижения применяемых температур и давлений (например, при варке стекла);
- для улучшения физико-механических свойств и структуры материалов и изделий;
- для повышения красящей способности пигментов и красителей, активности адсорбентов и катализаторов.

Процесс уменьшения кусков или зерен материала разрушением их под действием внешних сил, в зависимости от крупности конечного продукта, называется дроблением или измельчением. Виды дробления различают по размерам кусков полученного продукта, а виды измельчения – по содержанию в продукте грубых или тонких классов зерен. Принципиально процессы дробления и измельчения не различаются между собой.

Ранее считали, что разрушение материала при дроблении происходит от сжимающих усилий, а при измельчении – от срезающих. В настоящее время полагают, что различие между дроблением и измельчением заключается только в крупности исходного материала и конечного продукта.

В производстве мозаичных плит необходимо, чтобы кусковой материал имел сравнительно небольшие размеры, а в большинстве продуктов

измельчения преобладали классы зерен крупностью менее 5-20 мк. Учитывая эту специфику, в производстве пигментов условно различают следующие виды дробления и измельчения.

Дробление: крупное – до размера 5-100 мм; среднее – до размера 2-50 мм; мелкое – до размера 3-20 мм.

Измельчение: грубое – преимущественное содержание в конечном продукте классов зерен  $> 20-30$  мк; тонкое – преимущественное содержание в конечном продукте классов зерен  $< 20-30$  мк; сверхтонкое – содержание в конечном продукте 90-95% классов зерен  $< 5-10$  мк.

Материалы, подвергаемые тонкому и сверхтонкому измельчению, можно условно разбить на четыре группы, характерные для производства пигментов и наполнителей.

*Первая группа* – материалы, состоящие из сравнительно крупных монокристаллов и кристаллических сростков (ильменит, барит, легкий шпат). При измельчении этих материалов образуются новые поверхности раздела в местах сращивания кристаллов или по плоскостям кристаллических решеток. Тонкое измельчение материалов первой группы требует большой затраты энергии и обычно осуществляется на шаровых и роликовых мельницах; сверхтонкое измельчение – на струйных мельницах.

*Вторая группа* – материалы, состоящие из микрокристаллических частиц размером 0,1 – 5 мк (первичные), которые при сушке образуют крупные зерна или комья из сравнительно слабо агрегированных частиц (осадочные пигменты и наполнители, такие как свинцовые и цинковые крона, отмученная охра, каолин). При их обработке на мельницах происходит не измельчение первичных частиц, а дезагрегация материала до сравнительно крупных зерен. Для этого обычно применяют ударно-центробежные мельницы. Малые ситовые остатки в продуктах измельчения материалов этой группы объясняются пептизирующим действием воды при мокром методе ситового анализа, принятого для пигментов, а не эффективность ударно-центробежных мельниц.

*Третья группа* – материалы, содержащие спекшиеся частицы. К ним относятся осадочные пигменты с размером первичных частиц 0,1-5 мк, подвергавшиеся высокотемпературной обработке (например, двуокись титана), а также полученные прокаливанием шихты. Затраты энергии на измельчение материалов этой группы зависят от их индивидуальных свойств и режима получения. В большинстве случаев их подвергают тонкому сухому измельчению на шаровых и роликовых мельницах и сверхтонкому – на мокрых шаровых и струйных мельницах.

*Четвертая группа* – материалы, представляющие собой неоднородный продукт, состоящий из смеси частиц, которые относятся к материалам приведенных выше трех групп: не отмученные охра, каолин, сурик и мумия, содержащие твердые крупные частицы песка и других примесей.

От индивидуальных свойств материала требуемой тонкости измельчения и необходимости отделения примесей зависит выбор типа машины для измельчения материала. Тонкая дезагрегация охры, каолина и других микрокристаллических материалов, с отделением крупных твердых частиц примесей, проводится на ударно-центробежных мельницах. Тонкое измельчение, не сопровождающееся отделением твердых крупных зерен, осуществляется на шаровых и роликовых мельницах, а сверхтонкое – на струйных мельницах.

Материалы, подвергаемые измельчению, часто характеризуются разрушающим напряжением при деформации (прочностью при сжатии)  $\sigma$  и подразделяются на следующие группы:

Материалы  $\sigma$ , кгс/см<sup>2</sup>

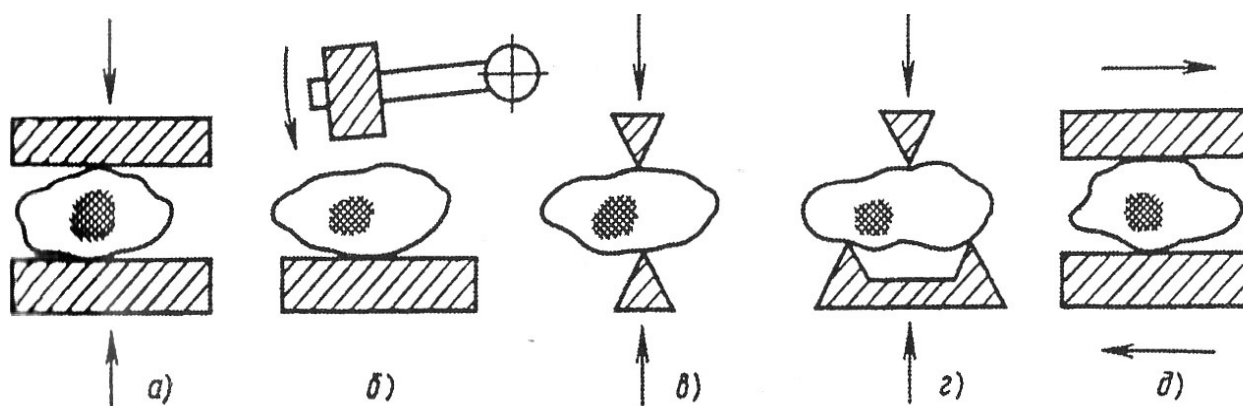
Мягкие <100

Средней прочности 100-500

Прочные. 500-1000

Очень прочные >1000

Большое значение имеет хрупкость материала (прочность при сжатии и ударе). Материалы одной и той же твердости могут иметь резко различную хрупкость; при этом чем выше хрупкость материала, тем легче протекает его измельчение. Особенно трудно подвергаются измельчению вязкие материалы типа смол и пластических масс. Поэтому при получении сухих красок обработкой в шаровой мельнице смеси пигментов и смол прибегают к охлаждению мельницы до температур ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , что резко увеличивает хрупкость смол.



**Рис.1 Схема основных методов механического измельчения:**

*а – раздавливание; б – удар; в – раскалывание; г – излом; д – истирание.*



**ХАРАКТЕРИСТИКА  
СЫРЬЕВЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И  
ТРЕБОВАНИЯ,  
ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К  
НИМ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
МОЗАИЧНОЙ ПЛИТКИ**

## 5. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЕВЛЯЕМЫЕ К НИМ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для производства мозаичной плиты используют следующие сырьевые материалы, они проверяются входным контролем[7]:

Наименование сырья, марка	НД	Показатели, обязательные для проверки	Норма с допускаемыми отклонениями	
Кварцевый песок необогащен. Марки: 1)«С-070-2»; 2)«Т»	ГОСТ 22551	1. Массовая доля оксида кремния (SiO <sub>2</sub> ) 2. Массовая доля оксида железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 3. Массовая доля оксида алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 4. Массовая доля влаги, не более	«С-070-2»	«Т»
			98,5%	95,0%
			0,07%	не норм.
			0,6%	не более 4,0±0,5%
			7,0%	7,0%
Глинозём марка Г-ОО	ГОСТ 30558	1. Внешний вид  Массовая доля примеси: 2. Оксида кремния (SiO <sub>2</sub> ) 3. Оксида железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 4. Сумма Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	Кристаллический гигроскопичный порошок белого цвета  Не более 0,02%  Не более 0,01%  Не более 0,03%	

		5.Потеря массы при прокаливании (300-1100 <sup>0</sup> C)	Не более 0,06%
Натрий азотно-кислый технический Марка Б	ГОСТ 828	1.Внешний вид  2.Массовая доля азотнокислого натрия в пересчёте на сухое вещество 3.Массовая доля воды 4.Массовая доля нерастворимых веществ в воде 5.Массовая доля хлористых солей в пересчёте на NaCl 6.Массовая доля окисляемых веществ в пересчёте на NaNO <sub>2</sub>	Белые прозрачные кристаллы с сероватым или желтоватым оттенком  Не менее 99,5%  Не более 0,5%  Не более 0,03%  Не более 0,03%  Не более 0,2%
Мел	ТУ 113-08-667-98	1.Массовая доля оксида кальция	

		(CaO) 2.Массовая доля диоксида углерода (CO <sub>2</sub> ) 3.Массовая доля оксида железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 4.Массовая доля влаги, не более	53,9%  43,61%  Не более 0,08%  0,05%
Поташ		1.Массовая доля оксида калия (K <sub>2</sub> O) 2.Массовая доля диоксида углерода (CO <sub>2</sub> ) 3.Массовая доля оксида железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Не менее 65,7%  Не более 34,2%  Не более 0,06%
Барий углекислый		1.Массовая доля бария углекислого (BaO) 2.Массовая доля диоксида углерода (CO <sub>2</sub> )	Не менее 77,5%  Не более 22%

# **МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА**

## 6. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА

мозаика	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	BaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	76,7%	5,8%	4,5%	1,94%	10,8%	0,2%	0,06%

SiO<sub>2</sub> вводится в шихту через кварцевый песок Жеройского месторождения;

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – через технический глинозём;

CaO – через мел;

BaO – через барий углекислый;

Na<sub>2</sub>O – через нитрат натрия;

K<sub>2</sub>O – через поташ.

Сырьевые компоненты	Химический состав, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	BaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	п.п.п.
Кв. песок Жеройского месторождения	99,06	0,20	0,18	0,05	0,29	0,1	0,04	0,08	-
Технический глинозём	0,40	97,90	0,35	-	-	-	0,05	-	1,29
Поташ	-	-	-	-	-	65,74	-	-	34,26
Мел	1,47	-	53,90	-	-	-	0,06	-	43,9
Нитрат натрия	-	-	-	-	73,0	-	-	-	27,0
Барий углекислый	-	-	-	77,7	-	-	-	-	22,3

Чтобы определить количество материалов шихты, составляем уравнения, обозначая:

Количество песка – через  $x$ ;

Количество глинозема – через  $y$ ;

Количество поташа – через  $z$ ;

Количество мела – через  $t$ ;

Количество нитрата натрия – через  $q$ ;

Количество бария углекислого – через  $k$ .

Число уравнений равно числу окислов в стекле. Составляем уравнение по  $\text{SiO}_2$ . Этот окисел вводится в стекло посредством песка, причем на 100 вес.ч. стекла с песком будет введено  $0,972x$  вес.ч.

Кроме этого,  $\text{SiO}_2$  содержится в техн. глинозёме ( $0,004y$ ) и меле ( $0,0147t$ ).

В 100 вес.ч. стекломассы  $\text{SiO}_2$  должно быть 71,3 вес.ч. уравнение примет следующий вид:

$$76,7 = 0,9906x + 0,004y + 0,0147t$$

Рассуждая таким же образом, составляем уравнения и для других окислов:

Для  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :

$$5,8 = 0,979y + 0,002x$$

Для  $\text{CaO}$ :

$$4,5 = 0,539t + 0,0035y + 0,018x$$

Для  $\text{BaO}$ :

$$1,94 = 0,777k$$

Для  $\text{Na}_2\text{O}$ :

$$10,8 = 0,73q + 0,0029x$$

Для  $\text{K}_2\text{O}$ :

$$0,2 = 0,6574z + 0,001x$$

Решая эти уравнения, находим значения неизвестных:

$$x = 78,7; y = 5,9; t = 8,3; k = 2,5; q = 14,5; z = 0,3.$$

Таким образом, состав шихты на 100 вес.ч. стекломассы будет:

Песок – 78,7 вес.ч.;

Технический глинозём – 5,9 вес.ч.;

Поташ – 0,3 вес.ч.;

Мел – 8,3вес.ч.;

Нитрат натрия – 14,5 вес.ч.;

Барий углекислый – 2,5 вес.ч.

**Итого: 110,2вес.ч.**

Определяем процентный состав окислов, вводимых:

а) с песком:

$$\% \text{SiO}_2 = (78,7 \times 99,06) / 100 = 76,5$$

$$\% \text{MgO} = (78,7 \times 0,08) / 100 = 0,062$$

$$\% \text{Na}_2\text{O} = (78,7 \times 0,29) / 100 = 0,22$$

$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 = (78,7 \times 0,2) / 100 = 0,16$$

$$\% \text{CaO} = (78,7 \times 0,18) / 100 = 0,14$$

$$\% \text{K}_2\text{O} = (78,7 \times 0,1) / 100 = 0,08$$

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = (78,7 \times 0,04) / 100 = 0,03$$

б) с техническим глинозёмом:

$$\% \text{SiO}_2 = (5,9 \times 0,4) / 100 = 0,024$$



$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3 = (5,9 \times 97,9) / 100 = 5,8$$

$$\% \text{ CaO} = (5,9 \times 0,35) / 100 = 0,02$$

$$\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = (5,9 \times 0,05) / 100 = 0,003$$

в) с поташом:

$$\% \text{ K}_2\text{O} = (0,3 \times 65,74) / 100 = 0,2$$

г) с мелом:

$$\% \text{ SiO}_2 = (8,3 \times 1,47) / 100 = 0,12$$

$$\% \text{ CaO} = (8,3 \times 53,9) / 100 = 4,47$$

$$\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = (8,3 \times 0,6) / 100 = 0,05$$

д) с нитратом натрия:

$$\% \text{ Na}_2\text{O} = (14,5 \times 73,0) / 100 = 10,6$$

е) с барий углекислым:

$$\% \text{ BaO} = (2,5 \times 77,7) / 100 = 1,94$$

Выход стекла и потери при стеклообразовании:

Выход стекла в % определяется из соотношения:

$$110,2 \text{ вес.ч. шихты} - 100 \text{ вес.ч. стекла}$$

$$100 \text{ вес.ч. шихты} - x \text{ вес.ч. стекла}$$

$$x = (100 \times 100) / 110,2 = \mathbf{90,74 \text{ вес.ч. стекла}}$$

Потери при стеклообразовании определяются из выхода стекла по разности:

$$100 - 90,74 = 9,26$$

Состав шихты на 100 вес.ч. песка.

*Количество техн. глинозёма:*

78,7вес.ч. песка – 5,9вес.ч. техн. глинозёма

100 вес.ч. песка – x вес.ч. техн. глинозёма

$$x = (100 \times 5,9) / 78,7 = \mathbf{7,5\text{вес.ч. техн. глинозёма}}$$

*Количество поташа:*

78,7вес.ч. песка – 0,3 вес.ч. поташа

100 вес.ч. песка – x вес.ч. поташа

$$x = (100 \times 0,3) / 78,7 = \mathbf{0,4\text{вес.ч. поташа}}$$

*Количество мела:*

78,7вес.ч. песка – 8,3вес.ч. мела

100 вес.ч. песка – x вес.ч. мела

$$x = (100 \times 8,3) / 78,7 = \mathbf{10,5\text{вес.ч. мела}}$$

*Количество нитрата натрия:*

78,7вес.ч. песка – 14,5 вес.ч. нитрата натрия

100 вес.ч. песка – x вес.ч. нитрата натрия

$$x = (100 \times 14,5) / 78,7 = \mathbf{18,4\text{вес.ч. нитрата натрия}}$$

*Количество бария углекислого:*

78,7вес.ч. песка – 2,5 вес.ч. бария углекислого

100 вес.ч. песка – x вес.ч. бария углекислого

$$x = (100 \times 2,5) / 78,7 = \mathbf{3,2\text{вес.ч. бария углекислого}}$$

Песок – 100 вес.ч.;

Глинозём – 7,5вес.ч.;

Поташ – 0,4вес.ч.;

Мел – 10,5вес.ч.;

Нитрат натрия – 18,4вес.ч.;

Барий углекислый – 3,2вес.ч.

**Таблица материального баланса:**

Нитрат натрия	Мел	Поташ	Глинозём	Песок	Сырьевые материалы
14,5	8,3	0,3	5,9	78,7	Вещества в 100 гр. Массы
-	0,12	-	0,024	76,5	SiO <sub>2</sub>
-	-	-	5,8	0,16	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
-	4,47	-	0,02	0,14	CaO
-	-	-	-	-	BaO
10,6	-	-	-	0,2	Na <sub>2</sub> O
-	-	0,2	-	0,08	K <sub>2</sub> O
-	0,05	-	0,003	0,03	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
-	-	-	-	0,002	MgO
-	-	-	-	-	Σ

Выход оксидов	Заданный состав	Приведенная к 100% состав стекла	Всего	Барий углекислый
-	-	-	110,2	2,5
0,3	76,7	76,4	76,644	-
0,1	5,8	5,9	5,96	-
0,1	4,5	4,6	4,63	-
0	1,94	1,94	1,94	1,94
0	10,8	10,8	10,8	-
0,08	0,2	0,28	0,28	-
0,02	0,06	0,08	0,083	-
0,002	-	0,002	0,002	-
0,602	100	100	100,34	-

# **ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА**

## 7. ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА

«Стекольный завод» вырабатывает мозаичные плитки следующего химического состава:

$\text{SiO}_2$  – 76,7%;

$\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,8%;

$\text{CaO}$  – 2,5%

$\text{K}_2\text{O}$  – 0,2%;

$\text{BaO}$  – 1,94%;

$\text{Na}_2\text{O}$  – 10,8%;

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,06%.

Для приготовления шихты осуществляются следующие технологические операции: подача сырьевых материалов в расходные бункера весовой линии, дозирование компонентов шихты весовыми дозаторами, смешивание компонентов шихты в смесителях, хранение шихты в бункере запаса, контроль качества шихты[8].

Шихтой называют однородную смесь предварительно подготовленных и отвешенных по заданному рецепту сырьевых материалов. Главное в процессе составления шихты, это отвешивание компонентов в определенных пропорциях и их перемешивание, с целью получения однородной массы. Процесс приготовления шихты автоматизирован.

**Подготовка сырьевых материалов.** Применяемые для варки стекла сырьевые материалы должны быть предварительно подготовлены. Сыпучие материалы просеивают, а кусковые вначале измельчают, а затем также просеивают. В случае необходимости сырьевые материалы сушат перед просеиванием или измельчением. Кусковые материалы - мел и т. п. измельчают на молотковых дробилках.

Подготовленные сырьевые материалы просеивают на вибрационных ситах. Песок, мел просеивают через сито № 07 (98 отв/см<sup>2</sup>); нитрат натрия, поташ, барий углекислый — через сито № 09 (64 отв/см<sup>2</sup>).

**Взвешивание компонентов шихты.** Дозирование материалов осуществляется согласно рассчитанному рецепту шихты. Для взвешивания компонентов применяют весы с ручным и с автоматическим управлением. Автоматические весы ДСТ предназначены для взвешивания компонентов шихты порциями от 50 до 150 кг. Устанавливают их под каждым бункером с ротовым материалом. На станине весов сверху установлен приемный бункер и аэрационный питатель, представляющий собой наклонный желоб, дно которого выстлано микропористыми плитами. Под дном имеется полость для подвода воздуха. Точность взвешивания регулируют величиной досыпочной щели. Полный цикл взвешивания состоит из следующих операций: включения весов и основной засыпки, досыпания и отвешивания, высыпания материала.

**Приготовление шихты:** Затем подготовленные сырьевые компоненты, взятые согласно составу шихты тщательно перемешивают. Хорошее смешивание шихты облегчает в дальнейшем варку стекла, дает более однородное стекло высокого качества.

Шихта смешивается в лабораторных смесителях тарельчатого типа, позволяющих получать вполне однородную смесь в течение 3—5 мин. Можно также использовать различные барабанные смесители типа шаровой мельницы, причем в этом случае количество (по весу) смешиваемого материала и мелющих тел (стеклянные, фарфоровые или диабазовые шары) берут в отношении 1:1. Продолжительность смешивания шихты в таких смесителях 1—1,5 ч. Для смешивания шихты можно применять лабораторные вибромельницы М-10 (емкостью 10 л) с гуммированным корпусом и стеклянными или фарфоровыми шарами. Соотношение шаров и смешиваемого материала 4:1. Время обработки шихты в вибромельнице 3—5 мин.

Чтобы облегчить процесс смешивания и предотвратить расслаивание шихты, ее следует увлажнять до 3—7%. В нашем случае при приготовлении содовая шихты влажность составляет 3—4%. Рекомендуется сначала

увлажнять песок и затем перемешивать его с остальными сухими компонентами шихты. В этом случае частицы мела и поташа прилипают к частицам песка и как бы обволакивают их. Вода также облегчает реакцию силикатообразования в процессе варки стекла. Вводить воду в шихту нежелательно, так как это вызовет ее комкование, т. е. неравномерное распределение компонентов.

**Процесс варки стекла в ванной печи:** Варка стекла является основным технологическим процессом при производстве стеклянных изделий. Стекловарение – сложный физико-химический процесс, который протекает при изменяющихся высоких температурах в шихте и движущейся среде (стекломассе) переменного и сложного состава и зависит от состава стекла, условий теплообмена, вида топлива, характера движения стекломассы и газов.

Варка стекла производится в печах различного типа. Стекломассу для мозаичных плит варят в ваннных печах непрерывного действия. При этом выделяют пять стадий стекловарения: силикатообразование при температуре 800-900°C, стеклообразование (1100-1200°C), осветление (1400-1600 °C), студка (1100-1200 °C), формование стекломассы (прессование, прокат, вытягивание), отжиг. В результате отжига снижаются полученные при формовании внутренние температурные напряжения, возникающие вследствие более высокой скорости остывания наружных слоёв стекла по сравнению с внутренними. Наружные слои стремятся к сжатию, а внутренние более нагретые препятствуют этому[9].

**Гранулирование стекломассы** осуществляют по возможности жидкотекучего расплава осуществляют, выпуская его в проточную воду: расплав с помощью струйных питателей подается на слив лотки, где он орошается водой и по лотку направляется в ванну с водой. Вследствие резкого охлаждения стекло дробится и превращается в гранулы. Гранулы в грануляционном сосуде необходимо постоянно перемешивать во избежание комкообразования, а также для разрушения образующейся вокруг гранул



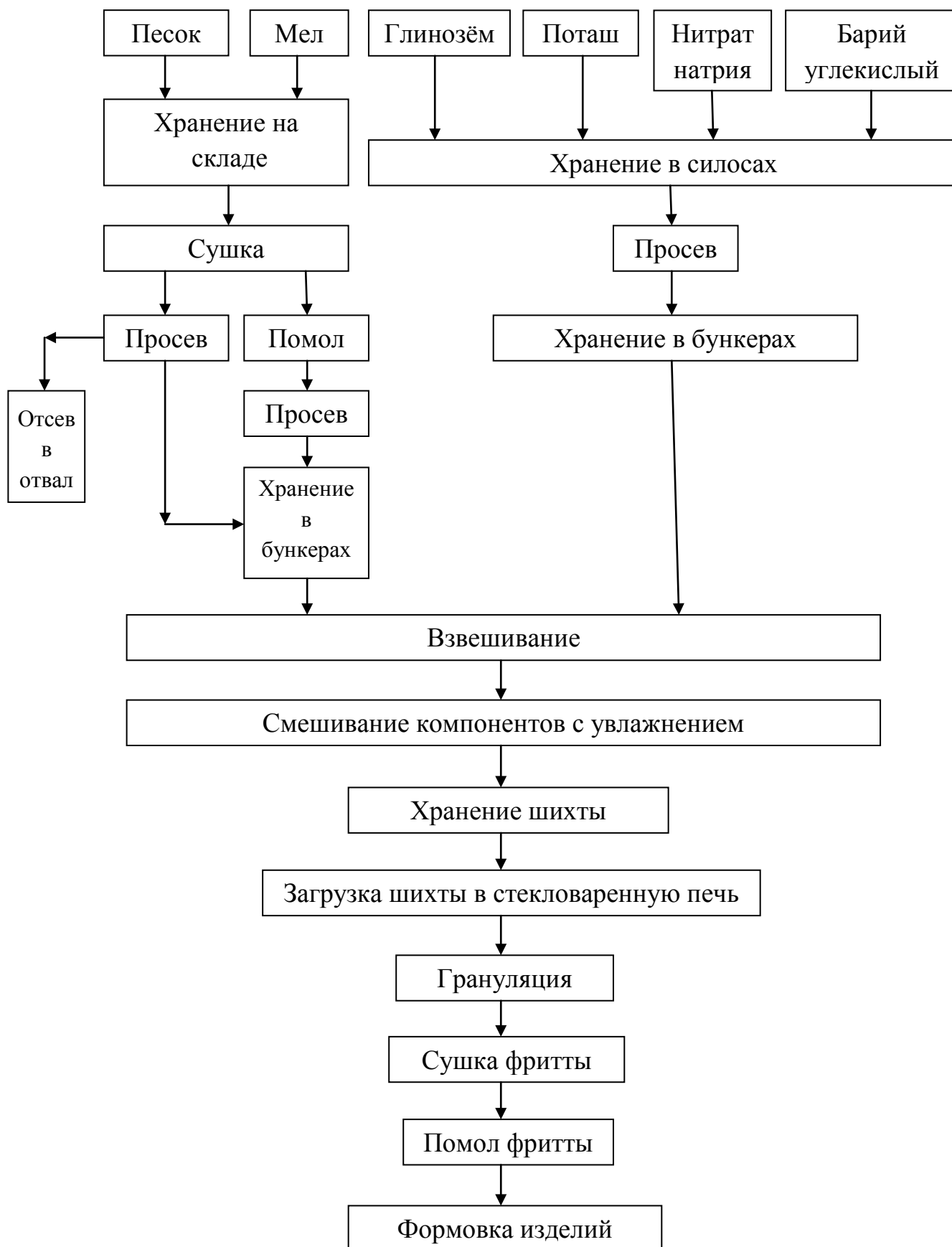
паровой рубашки. Для получения гранул размером 1,8 мм контролируют количество подаваемой на лоток воды и количество поступающего из питателя расплава стекла. Полученный стеклогранулят сушат и классифицируют по гранулометрическому составу[10].

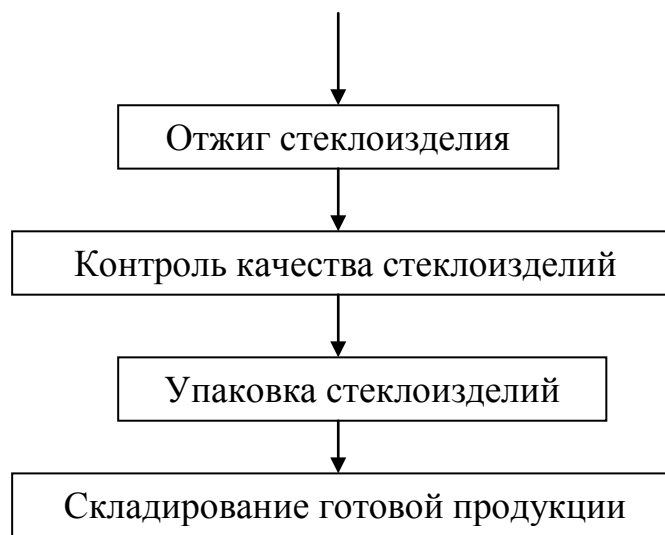
**Сушку** гранул осуществляют в сушильных барабанах при температуре 100-150°C.

**Подготовка гранул к формованию** - один из важных и сложных процессов стекольного производства. Для формовки применяется метод прессования. Прессование – наиболее простой способ выработки изделий из стекла. При прессования порцию гранул загружают в корпус пресс-формы. Затем на форму опускают ограничительное кольцо. После этого пуансон начинает прессование, выжимая гранул вверх, в пространство между рабочими поверхностями корпуса, пуансона и ограничительного кольца. Пространство между корпусом, формой и кольцом точно соответствует очертаниям готового изделия. После того как спрессованное изделие достаточно затвердеет, его вынимают на подвижном поддоне или опрокидыванием формы. Прессованием получают обычно изделия с толстыми стенками, так как стекломасса при прессовании с большой силой прижимается к стенкам формы и быстро затвердевает. Изделия, полученные способом прессования, имеют кованую поверхность, на ней выступают швы и неровности. Эти недостатки устраняют, применяя огневую полировку (с помощью печи «Лера отжига»). Прессование выполняют ручным и механизированным способами. При ручном прессовании используют рычажный эксцентриковый или пружинный пресс. Пресс представляет собой массивный станок со столом для форм и стойками, на которых смонтированы прессующие устройства. При механизации работы прессов чаще используют сжатый воздух. В качестве автоматических стеклоформирующих машин на стекольных заводах наиболее широко применяют автоматы АПП, АПР, АРП, АБ. Для производства мозаичных плит при прессовании используют автоматы АРП – 10 типа.

# **ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ЕЁ ОПИСАНИЕ**

## 8. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ЕЁ ОПИСАНИЕ





Сырьевые материалы поступают на завод по железной дороге, проходящей вдоль его внешней стены. На заводе обеспечен запас песка, поташа, глинозёма и мела для работы в течении 2 месяца.

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

**По линии песка:** песок подвергается сушке, затем по элеватору он направляется в сито-бурат, в котором происходит просев песка ситом №07. После чего песок, прошедший через сито под силой гравитации попадает в бункер для хранения. Не отвечающий требованиям песок отправляется в отвал для дальнейшей его реализации и собственных нужд. С бункера подготовленный песок поступает на взвешивание, затем по транспортной линии движется в смесительный цех.

**По линии мела:** мел поступает на завод в кусковом виде, из склада мел подвергается, аналогично доломиту, сушке, при температуре не превышающей  $400^0$ , помолу, контрольному просеву (сито №07) и в бункер для хранения. С бункера подготовленный мел поступает на взвешивание и по транспортной линии в смесительный цех.

**По линии глинозема, поташа, нитрата натрия и бария углекислого:** эти сырьевые компоненты поступают в готовом виде, их просеивают через сито №09. В дальнейшем из бункера для хранения они поступают в смесительный цех.

Из цехов подготовки материалы через автоматические весы попадают на ленточный транспортер, который ведет в цех смешивания материалов.

Затем подготовленная шихта по элеватору поступает в бункеры для хранения.

Из бункера хранения шихта через роторные загрузчики попадает в печь. Для равномерной подачи шихты по всей ширине печи используют несколько загрузчиков. Для поддержания постоянного уровня стекломассы с точностью до  $\pm 0,5$  мм загрузчики работают в автоматическом режиме и связан с уровнемером в выработочной части печи.

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

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

«Перекосы» зоны варки вызываются в основном неравномерным расходом топлива по сторонам печи, неодинаковой тягой с левой и правой сторон печи, а также нарушением питания шихтой и боем по фронту загрузки. Результатом таких нарушений является понижение температуры в области перекоса. Для устранения перекоса допускается уменьшение подачи

шихты и увеличение подачи боя на сторону печи, имеющую пониженную температуру.

Появление в зоне варки следов расплавленного щелока (сульфата натрия) или обильной пены не допускается, так как это свидетельствует о нарушении температурного и газового режимов, неправильном соотношении или плохом смешивании сульфата натрия и угля.

При появлении большого количества пузырей в области чистого зеркала и за последней парой горелок принимают меры по нормализации съема стекломассы, границ шихты и пены, расхода топлива и воздуха по зонам печи, давления газовой среды, соотношения сульфата натрия и восстановителя в шихте. Кроме этого, следует проверить правильность измерения температуры и провести анализ отходящих газов.

Местные выделения пузырей, образующихся вследствие разрушения огнеупоров, устраняют установкой холодильников, а появление большого количества пузырей в разных местах печи - нормализацией температурного и газового режимов.

**Грануляцию** по возможности жидкотекучего расплава осуществляют, выпуская его в проточную воду: расплав с помощью струйных питателей подается на слив лотки, где он орошается водой и по лотку направляется в ванну с водой. Вследствие резкого охлаждения стекло дробится и превращается в гранулы. Гранулы в грануляционном сосуде необходимо постоянно перемешивать во избежание комкообразования, а также для разрушения образующейся вокруг гранул паровой рубашки. Для получения гранул размером 1,8 мм контролируют количество подаваемой на лоток воды и количество поступающего из питателя расплава стекла. Полученный стеклогранулят сушат и классифицируют по гранулометрическому составу.

**Сушку** гранул осуществляют в сушильных барабанах при температуре 100-150<sup>0</sup>С.

**Подготовка гранул к формованию** - один из важных и сложных процессов стекольного производства. Для формовки применяется метод

прессования. Производство стеклянной мозаичной плитки наиболее экономично. При прессовании порошкообразная масса сдавливается прессом в двух направлениях, под высоким давлением происходит перемещение и частичная деформация гранул, благодаря чему плитка обладает соответствующей плотностью и прочностью[11].

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

При отжиге проводится регулируемое охлаждение изделий от температуры формования до температуры цеха. Режим отжига стеклоизделий зависит от состава и свойств стекла, размеров и толщины стенок изделий.

Стеклянные мозаичные плитки после выхода из печи отжига осматривает сортировщик, который отбирает бой и брак. Основанием для сортировки стеклянных мозаичных плиток являются государственные стандарты и технические условия. Для удобства сортировки и наглядности подбирают эталоны отдельных видов пороков.

Всех бракованных плиток обращают в бой. Кроме сортировки мозаичных плит испытывают на испытательной станции или в цеховой лаборатории. При испытании проверяют:

- термостойкость в пределах перепада температур, установленного государственным стандартом;
- сопротивление внутреннему давлению (с помощью гидравлического пресса);
- механическую прочность (раздавливание на рычажном прессе);
- качество отжига стеклянной тары (с помощью полярископа или поляриметра);
- массу.

ОТК и испытательная станция проверяют работу сортировщиков качество изделий, выпущенных машиной после полной смены форм, проводят контрольную разбраковку изделий с конвейера печи отжига[12].

**Компактная упаковка.** Изделия устанавливают плотно друг к другу и складывают в картонные коробки. Картонные коробки с помощью автопогрузчиков вывозят на склады готовой продукции или грузят в транспортирующие средства.



# **ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ**

## 9. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Устройство шаровой мельницы непрерывного действия предназначена для сухого и мокрого помола предварительно измельченных сырьевых и строительных материалов малой и средней твердости с помощью мелющих тел. Барабан устройство шаровой мельницы представляет собой стальной полый цилиндр, выложенный внутри броневыми футеровочными плитами, предохраняющими его от ударного и трущего воздействия шаров и материала. Устройство шаровой мельницы используется в горнорудной, горно-химической и других отраслях промышленности. Устройство шаровой мельницы проводит сухое или мокрое измельчение разных руд или таких других размолотых способных материалов, как кварц, полевой шпат, железная руда, марганцевая руда, медные руды и др. Сухое измельчение применяется в отраслях огнеупорных материалов, цемента, удобрения, стекла; а мокрое измельчение применяется в отраслях рудо разборки, керамики, хим. промышленности. Устройство шаровой мельницы может применяться в процессах рудо подготовки перед операциями обогащения, в процессах доводки черновых концентратов, а так же в самостоятельных процессах тонкого измельчения иного рода[13].

### **Классификация шаровых мельниц:**

*Шаровые мельницы классифицируют по:*

- режиму работы – периодического и непрерывного действия;
- способу помола – сухого и мокрого помола;
- характеру работы – мельницы, работающие по открытому и замкнутому циклу;
- форме мелющих тел – шаровые, стержневые и самоизмельчения (без мелющих тел);
- способу разгрузки – с механической и пневматической разгрузкой;
- конструкции загрузочного и разгрузочного устройства – с загрузкой и выгрузкой через люк, через полые цапфы и с периферийной разгрузкой;

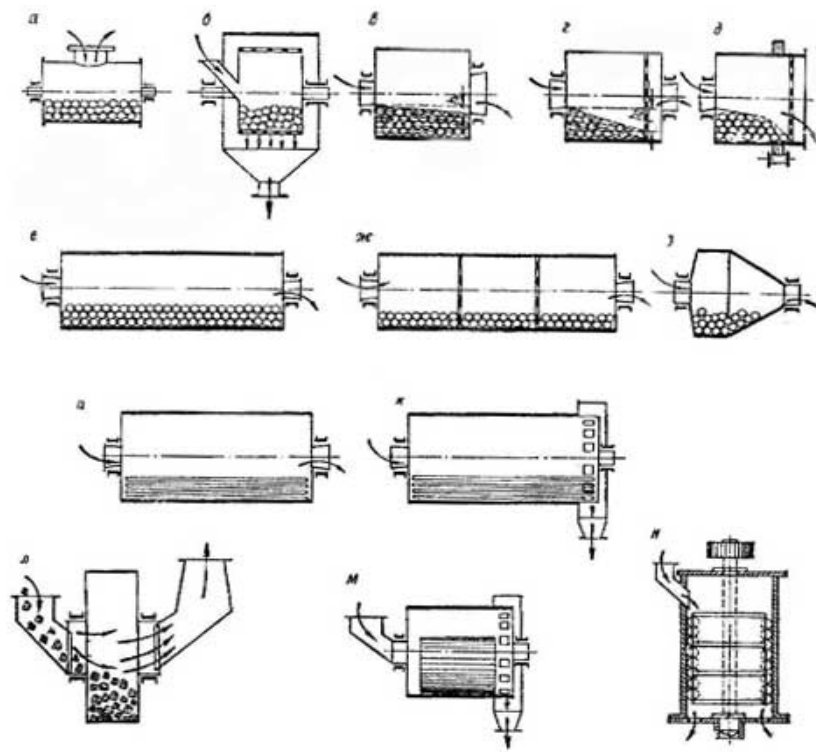
- конструкции привода – с центральным и периферийным приводом.

Шаровые мельницы различаются между собой следующими признаками: измельчающей средой, т. е. родом применяемых измельчающих тел (шары, стержни, ролики, галька, крупные куски руды); геометрической формой барабана (короткий цилиндр, длинный цилиндр, конус); способом разгрузки материала из барабана (разгрузка периодическая или непрерывная; причем последняя может быть: через диафрагму, а затем через цапфу или непосредственно через цапфу или только через диафрагму; способом измельчения (сухой, мокрый).

<i>Тип мельниц</i>	<i>Измельчающие тела</i>	<i>Способ разгрузки готового продукта</i>	<i>Способ измельчения</i>
<b><i>А. Барабанные (шаровые) вращающиеся мельницы (тихоходные)</i></b>			
1. Шаровая периодического действия (рис. 2, а)	Стальные шары	Периодическая разгрузка через люк	Сухой (для лабораторных — сухой и мокрый)
2. Шаровая с периферической разгрузкой (рис. 2, б)	Стальные шары	Разгрузка через цилиндрическое сито	Сухой и мокрый
3. Шаровая с центральной разгрузкой (рис. 2, в)	Стальные шары	Центральная разгрузка (непосредственно через цапфу)	Сухой и мокрый
4. Шаровая с решеткой (рис. 2, г)	Стальные шары	Разгрузка через решетку, а затем через цапфу	Сухой и мокрый
5. Шаровая с открытым концом (рис. 2. д)	Стальные шары	Через решетку (без цапфы)	Сухой и мокрый
6. Трубная однокамерная (рис.2, е)	Стальные шары	Центральная разгрузка (через цапфу)	Сухой и мокрый
7. Трубная многокамерная (рис.2,ж)	Стальные шары	Между камерами — разгрузка через решетку; из последней камеры —	Сухой и мокрый

		центральная разгрузка	
8. Коническая мельница (рис. 2, з)	Стальные шары	Центральная разгрузка	Сухой и мокрый
9. Стержневая с центральной разгрузкой (рис. 2, и)	Стальные стержни (длиной, равной длине барабана)	Центральная разгрузка	Мокрый
10. Стержневая с периферической разгрузкой (рис. 2, к)	Стальные стержни	Разгрузка через окна в барабане	Сухой
11. Галечная	Галька, куски твердых горных пород или фарфоровые шары	Разгрузка центральная непрерывная или периодическая	Сухой и мокрый
12. Рудно-галечная бесшаровая (рис. 2, л)	Крупные куски измельчаемой руды	Разгрузка через цапфу	Сухой и мокрый
13. Барабанная роликовая (рис. 2, м)	Массивный ролик	Периферическая разгрузка через окна (или центральная сливная)	Мокрый и сухой
<b><i>Б. Вибрационные барабанные (шаровые) мельницы быстроходные</i></b>			
14. Вибрационная шаровая периодического действия	Стальные шары	Периодическая (через люк)	Мокрый и сухой
15. Вибрационная шаровая непрерывного действия	Стальные шары	Непрерывная центральная (воздушным потоком)	Сухой
16. Вибрационная стержневая непрерывного действия	Стержни	Периферическая (через решетку)	Сухой
17. Вибрационная роликовая периодического действия	Массивный ролик	Периодическая	Сухой

18. Вибрационная роликовая непрерывного действия	Массивный ролик	Периферическая через отверстия в цилиндре	Сухой и мокрый
19. Центробежная многокамерная с неподвижным вертикальным барабаном (рис. 2, н)	Ролики или шары	Непрерывная (через щель между диском и корпусом)	Сухой и мокрый
12. Рудно-галечная бесшаровая (рис. 2, л)	Крупные куски измельчаемой руды	Разгрузка через цапфу	Сухой и мокрый
13. Барабанная роликовая (рис. 2, м)	Массивный ролик	Периферическая разгрузка через окна (или центральная сливная)	Мокрый и сухой
14. Вибрационная шаровая периодического действия	Стальные шары	Периодическая (через люк)	Мокрый и сухой
15. Вибрационная шаровая непрерывного действия	Стальные шары	Непрерывная центральная (воздушным потокom)	Сухой
16. Вибрационная стержневая непрерывного действия	Стержни	Периферическая (через решетку)	Сухой
17. Вибрационная роликовая периодического действия	Массивный ролик	Периодическая	Сухой
18. Вибрационная роликовая непрерывного действия	Массивный ролик	Периферическая через отверстия в цилиндре	Сухой и мокрый
19. Центробежная многокамерная с неподвижным вертикальным барабаном (рис. 2, н)	Ролики или шары	Непрерывная (через щель между диском и корпусом)	Сухой и мокрый



***Рис. 2. Шаровые мельницы.***

**Принцип работы устройство шаровой мельницы:**

Исходный материал загружается в одном конце барабана, а продукт измельчения разгружается в другом через полые цапфы в торцевых крышках барабана. Поступивший в мельницу материал измельчается мелющими телами и перемещается от загрузочного конца к разгрузочному под давлением непрерывно поступающего материала. При вращении барабана материал поступает в разгрузочное устройство и с помощью винтового шнека удаляется через патрубков разгрузки. При вращении барабана свободно движущиеся мелющие тела измельчают материал ударом, истиранием и раздавливанием. Мелющие тела — чугунные и стальные шары.

Шаровые мельницы широко применяют для грубого и тонкого помола материалов. Принцип действия шаровых мельниц состоит, в измельчении материала ударом и частично истиранием свободно падающих мелющих тел во вращающемся барабане.

В зависимости от скорости вращения барабана мельницы различают два основных режима работы мелющих тел: при малой скорости - *каскадный*, при большой - *водопадный*.

При каскадном режиме мелющие тела перекатываются и материал измельчается под действием раздавливающих и истирающих усилий.

При водопадном режиме работы шары в результате трения о внутреннюю поверхность корпуса поднимаются вместе с корпусом до точки А, называемой точкой “отрыва”, а затем падают вниз к точке “падения” В. В этой точке происходит измельчение материала под действием ударных усилий.

Во время вращения мельницы наблюдаются оба режима работы дробящей загрузки, так как часть шаров работает в каскадном, а часть в водопадном режиме.

В шаровых мельницах измельчение материала происходит под действием ударов падающих стальных или кремниевых шаров и путем истирания его между шарами и внутренней поверхностью корпуса мельницы.

Если шаровую мельницу, наполненную шарами, привести во вращение, то вследствие трения между стенкой мельницы и шарами последние поднимаются в направлении вращения до тех пор, пока угол подъема не превысит угла их естественного откоса, после чего они скатываются вниз.

С увеличением скорости вращения мельницы будет возрастать центробежная сила и соответственно увеличиваться угол подъема шаров до тех пор, пока составляющая силы веса шаров не станет больше центробежной силы. С этого момента шары начнут падать вниз, описывая при падении некоторую параболическую кривую. При дальнейшем увеличении скорости вращения мельницы центробежная сила может стать настолько большой, что шары будут вращаться вместе с мельницей, не измельчая материала.

### **Достоинства шаровых мельниц:**

- 1) возможность получения высокой и постоянной тонкости помола и регулирования её;
- 2) возможность подсушки материала в самой мельнице;
- 3) простота конструкции;
- 4) надежность в эксплуатации;
- 5) возможность измельчения пород различной твердости;
- 6) универсальность, т. е. возможность измельчения самых различных материалов, и высокая производительность;
- 7) неизменность заданной тонкости помола при определенной производительности мельницы в течение длительного периода времени (с периодическим добавлением шаров для компенсации их износа);
- 8) надежность и безопасность работы, простота обслуживания;
- 9) шаровые мельницы могут работать без магнитного сепаратора, так как попадание в мельницу посторонних металлических предметов не опасно; кроме того, в них можно сочетать размол с сушкой горячим воздухом.

### **Недостатки:**

- 1) значительный расход энергии;
- 2) большой вес и размеры;
- 3) большой пусковой момент;
- 4) сильный шум во время работы.

**Размер и вес шаров.** Вес шаров должен быть достаточен для того, чтобы они могли измельчать наибольшие куски загружаемого материала. Но поскольку шары падают с разной высоты, весьма трудно выполнить точный расчет производимой ими работы.

Для эффективной работы шаровых мельниц необходимо соблюдать правильное соотношение между величиной шаров и кусков загружаемого в мельницу материала.



Если в измельчаемом материале много больших кусков, которые в мельнице не размалываются, то они будут постепенно накапливаться между шарами и, наконец, приостановят работу мельницы.

В этих случаях необходимо уменьшить размер кусков исходного материала или увеличить размеры шаров, но в последнем случае уменьшается рабочая поверхность мельницы, что ведет к понижению ее производительности.

Степень заполнения барабана шарами также влияет на производительность мельницы и эффективность размола, так как при слишком большом заполнении поднимающиеся шары сталкиваются с падающими. Обычно наибольшее заполнение барабана шарами не должно превышать 30-35% его объема.

Производительность и потребная мощность. Производительность шаровых мельниц зависит от величины диаметра барабана и соотношения между диаметром и длиной барабана.

При малой длине барабана помол получается более грубым и для достижения необходимой тонкости помола приходится возвращать большое количество материала из сепаратора в мельницу, что приводит к ее перегрузке.

Шаровые мельницы отличаются большим расходом энергии; при работе вхолостую мельницы, заполненной шарами, расход энергии приблизительно равен расходу энергии при работе мельницы с полной загрузкой, т. е. при измельчении материала. Поэтому работа мельницы с неполной нагрузкой весьма невыгодна.

Шаровые мельницы имеют невысокий К.П.Д.- не более 15%. Энергия в основном расходуется на износ шаров и корпуса мельницы, трение; нагрев материала и т. п.

## 9.1. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ МЕЛЬНИЦЫ

### ***Исходные данные:***

Диаметр барабана – 800 мм, длина барабана – 1200 мм, объемная масса мела 160 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент заполнения керамическими шарами 0,31, объемная масса шаров в засыпке 2,2 т/м<sup>3</sup>, коэффициент размолотости 1,1, поправочный коэффициент на тонкость помола 1,05.

Определить критическую и рабочую частоту вращения мельницы, массу загрузки шаров, производительность мельницы и мощность её электродвигателя и размеры мелющих тел.

### ***Определить критическую и рабочую частоту вращения мельницы:***

Критическая частота вращения.

$$n_{кр} = \frac{30\sqrt{2}}{\sqrt{D}} = \frac{42,4}{\sqrt{0,8}} = 47,4 \text{ об/мин}$$

Рабочая частота вращения принимается 80% от критической.

$$n = 0,8 * 47,4 = 37,92 \text{ об/мин}$$

### ***Определить массу загрузки шаров:***

$$G = \pi R^2 L \varphi \gamma_{ш}, \quad \text{где}$$

R – радиус мельницы;

L – длина мельницы;

$\gamma$  – объемная масса шаров;

$\varphi$  – коэффициент заполнения.

$$G = 3,14 * 0,4^2 * 1,2 * 0,31 * 2,2 = 0,4 \text{ т}$$

### ***Определить мощность электродвигателя:***

$$N = \frac{0,462 * G * R * n}{\eta} = \frac{0,462 * 0,4 * 0,4 * 37,96}{0,85} = 3,3 \text{ кВт}$$

$\eta$  – потери в приводе. Мы их принимаем, как 0,85.

***Определить размеры мелющих тел:***

Принимаем мел с величиной кусков 25 мм, величина частиц 300мкм.

По Разумову:

$$D_{\text{ш}} = 28 \sqrt[3]{25} = 82 \text{ мм}$$

1-ая камера, мм	2-ая камера, мм.	3-ая камера (цельпечная), мм.
120 - 100	80 – 60	32 - 18

***Определить производительность мельницы:***

$$Q = 6,45 * V \sqrt{D} \sqrt{\left(\frac{G}{V}\right)^{0,8}} q * k ,$$

D – внутренний диаметр отфутерованного барабана, м;

V – внутренний полезный объем барабана, м<sup>3</sup>;

q – удельная производительность мельницы, т/кВт\*ч;

k – поправочный коэффициент учитывающий тонкость помола.

$$V = \pi * R^2 * L = 3,14 * 0,4^2 * 1,2 = 0,6 \text{ м}^3$$

$$Q = 6,45 * 0,6 \sqrt{0,8} \sqrt{\left(\frac{0,4}{0,6}\right)^{0,8}} * 0,043 * 1,05 = 0,13 \text{ т/ч}$$

# **ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВАННОЙ ПЕЧИ**

## 10. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАННОЙ ПЕЧИ

### 10.1. РАСЧЕТ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Газообразное топливо по сравнению с жидким и твердым имеет ряд преимуществ, важнейшим из которых являются: легкое и удобное регулирование процесса горения и возможность полной механизации и автоматизации его, простота топливного хозяйства и оборудования; отсутствие золы при его сжигании; лучшие санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала[14].

В качестве топлива выбираем природный газ Кашкадарьинского месторождения

Состав топлива приведен в таблице 1.

**Таблица 1. Состав сухого газа, % (объемные).**

$CH_4^c$	$C_2H_6^c$	$C_3H_8^c$	$C_4H_{10}^c$	$C_5H_{12}^c$	$CO_2^c$	$N_2^c$	сумма
94,0	1,2	0,7	0,4	0,2	0,2	3,3	100

#### **Расчет горения природного газа.**

Газ сжигается с коэффициентом расхода воздуха  $\lambda=1,2$ . Воздух, идущий для горения, имеет температуру  $500^0C$ . Принимаем содержание влаги в газе 1%. Пересчитываем состав сухого газа на влажный рабочий газ.

$$CH_4^{g,l} = CH_4^c \times \frac{100 - w^p}{100} = 94,0 \times 0,99 = 93,0\%$$

Другие составляющие газа остаются без изменений. Состав влажного газа приведен в таблице 2.

**Таблица 2. Состав влажного (рабочего) газа, % (объемные)**

$CH_4^{6,l}$	$C_2H_6^{6,l}$	$C_3H_8^{6,l}$	$C_4H_{10}^{6,l}$	$C_5H_{12}^{6,l}$	$CO_2^{6,l}$	$N_2^{6,l}$	$w^p$	сумма
93,0	1,2	0,7	0,4	0,2	0,2	3,0	1,00	100

Определяем теплоту сгорания по формуле Д.И. Менделеева:

$$Q_n^p = 358,2CH_4 + 637,5C_2H_6 + 912,5C_3H_8 + 1186,5C_4H_{10} + 1460,8C_5H_{12} = 358,2 \times 93,0 + 637,5 \times 1,2 + 912,5 \times 0,7 + 1186,5 \times 0,4 + 1460,8 \times 0,2 = 36531,12 \text{ кДж/нм}^3$$

Находим теоретически необходимое количество сухого воздуха:

$$L_0 = 0,0476 \times (2CH_4 + 3,5C_2H_8 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} + 8C_5H_{12}) = 0,0476 (2 \times 93 + 3,5 \times 1,2 + 5 \times 0,7 + 6,5 \times 0,4 + 8 \times 0,2) = 9,42 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Принимаем влагосодержание атмосферного воздуха  $d=10$  и находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности:

$$L'_0 = (1 + 0,0016d) \times L_0 = 1,016 \times 9,42 = 9,57 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Действительное количество воздуха при коэффициенте расхода  $\lambda=1,2$ .

$$\text{Для сухого воздуха: } L_\alpha = \alpha \times L_0 = 1,2 \times 9,42 = 11,30 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$\text{Для атмосферного воздуха: } L_\alpha = \alpha \times L'_0 = 1,2 \times 9,57 = 11,48 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Определяем количество и состав продуктов горения при  $\lambda=1,2$ :

$$V_{CO_2} = 0,01 \times (CO_2 + CH_4 + 2C_2H_8 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12}) = 0,01 (0,2 + 93,0 + 2 \times 1,2 + 3 \times 0,7 + 4 \times 0,4 + 5 \times 0,2) = 1,003 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \times (2CH_4 + 3C_2H_8 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12} + H_2O +$$

$$0,16dL_{\alpha}) = 0,01 (2 \times 93,0 + 3 \times 1,2 + 4 \times 0,7 + 5 \times 0,4 + 6 \times 0,2 + 1,0 + 0,16 \times 10 \times 11,3) = 2,146 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{N_2} = 0,79L_{\alpha} + 0,01N_2 = 0,79 \times 11,3 + 0,01 \times 3,3 = 8,953 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0 = 0,21 (1,2 - 1) \times 9,42 = 0,396 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Общее количество продуктов горения:

$$V_{\alpha} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} = 1,003 + 2,146 + 8,953 + 0,396 = 12,50 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Определяем процентный состав продуктов горения:

$$CO_2 = 1,003 \times 100 / 12,50 = 8,0\%$$

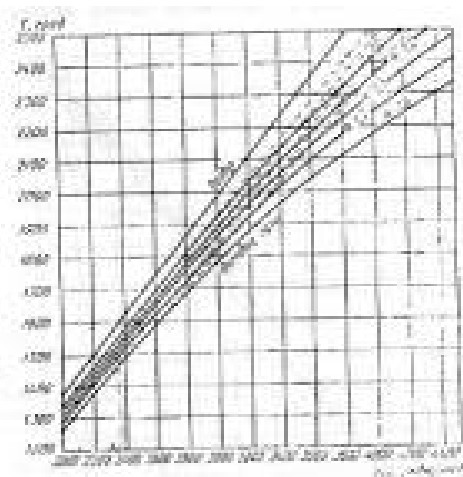
$$N_2 = 8,953 \times 100 / 12,50 = 71,6\%$$

$$H_2O = 2,146 \times 100 / 12,50 = 17,2\%$$

$$O_2 = 0,396 \times 100 / 12,50 = 3,2\%$$

Всего: 100%

Определяем теплосодержание продуктов горения без учета подогрева воздуха и топлива. Для определения действительной температуры горения рассчитываем, где  $\eta_{\lambda} \eta_{\lambda} = 0,82$ . По  $i-t$  - диаграмме находим действительную температуру горения при  $\lambda=1,2$ , которая составляет. (рис. 1)



**Рис. 1  $i-t$  - диаграмма для высоких температур**

Составляем материальный баланс процесса горения на 100 газа при  $\lambda=1,2$  (табл. 3). Перевод в кг производим путем умножения на плотность с.

**Таблица 3. Материальный баланс процесса горения.**

Приход	Кг	Расход	Кг
<i>Природный газ</i>		<i>Продукты горения</i>	
$\text{CH}_4=93,0 \cdot 0,717$	66,58	$\text{CO}_2=1,003 \cdot 100 \cdot 1,977$	198,50
$\text{C}_2\text{H}_6=1,2 \cdot 1,356$	1,63	$\text{H}_2\text{O}=2,146 \cdot 100 \cdot 0,804$	172,50
$\text{C}_3\text{H}_8=0,7 \cdot 2,020$	1,41	$\text{N}_2=8,953 \cdot 100 \cdot 1,251$	1120,63
$\text{C}_4\text{H}_{10}=0,4 \cdot 2,840$	1,13	$\text{O}_2=0,396 \cdot 100 \cdot 1,429$	36,50
$\text{C}_5\text{H}_{12}=0,2 \cdot 3,218$	0,64	Невязка	0,59
$\text{CO}_2=0,2 \cdot 1,977$	0,39		
$\text{N}_2=3,3 \cdot 1,251$	0,80		
<i>Воздух</i>			
$\text{O}_2=197,9 \cdot 1,2 \cdot 1,429$	339,80		
$\text{N}_2=197,9 \cdot 1,2 \cdot 3,762 \cdot 1,251$	1116,50		
$\text{H}_2\text{O}=0,16 \cdot 10 \cdot 11,3 \cdot 0,804$	14,5		
<b>ИТОГО:</b>	1547,54	<b>ИТОГО:</b>	1547,54

Невязка баланса составляет:  $100 \times 0,59/1547,54 = 0,04\%$ .



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

По  $i - t$  диаграмме находим теплоту нагрева атмосферного воздуха:  $i_{\text{воз}} = 1110 \text{ кДж/нм}^3$ .

$$\text{Тогда } i_{\text{общ}} = (35485/12,5) + (11,48 \times 1110,0 / 12,5) = 3850 \text{ кДж/нм}^3.$$

По  $i - t$  диаграмме находим теоретическую температуру горения при  $\alpha = 1,2 - t_{\text{теор}} = 2190^{\circ}$ . Калориметрическая температура горения при  $\alpha = 1,2 - t_{\text{к}} = 2310^{\circ}$ .

Для сравнения определим калориметрическую температуру горения с помощью таблиц энтальпии.

При  $t_1 = 2300^{\circ}$

$$\text{CO}_2 = 0,080 \cdot 5658,7 = 452,7$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,172 \cdot 4643,8 = 798,7$$

$$\text{N}_2 = 0,716 \cdot 3452,6 = 2472,1$$

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

$$i_1 = 3840,5 \text{ кДж/нм}^3$$

При  $t_2 = 2400^{\circ}$

$$\text{CO}_2 = 0,080 \cdot 5930,9 = 474,5$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,172 \cdot 4887,9 = 840,7$$

$$\text{N}_2 = 0,716 \cdot 3615,5 = 2588,7$$

$$\text{O}_2 = 0,032 \cdot 3831,5 = 122,6$$

$$i_2 = 4026,5 \text{ кДж/нм}^3$$

Следовательно:  $4026,5 > i_{\text{общ}} > 3840,5$

$$4026,5 - 3840,5 = 186,0 \text{ соответствует } 100^{\circ};$$

$$3850,0 - 3840,5 = 9,5 \quad \Delta t;$$

$$\Delta t = 95 \cdot 100 / 186 = 5^{\circ}, \text{ отсюда } t_{\text{к}} = 2300 + 5 = 2305^{\circ}$$

## 10.2. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

### Приход тепла:

#### Тепло от горения топлива

Химическая теплота сгорания природного газа:

$$Q_{\text{гор}} = B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 36531,12 \text{ (В)},$$

где  $B$  - расход топлива, кг/с;

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$  - тепло сгорания топлива, кДж/нм<sup>3</sup>.

#### Тепло, вносимое подогретым воздухом

$$Q_{\text{воз}} = L_{\alpha} \cdot i_{\text{воз}}^{\text{л}} \cdot B \text{ (кВт)},$$

где  $L_{\alpha}$  - действительное количество воздуха, подаваемое для горения топлива, нм<sup>3</sup>/кг или нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>;

$i_{\text{воз}}^{\text{л}}$  - теплосодержание (энтальпия) воздуха, кДж/нм<sup>3</sup>, находящегося в зависимости от температуры;

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

Общий тепловой поток:

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

### 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:

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

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;

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

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

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

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

$G_{\text{п.д.}}$  - 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	$\text{H}_2\text{O} = 0,3 \cdot 100 = 3;$
Песок (ППП = 0,24%)	$\text{CO}_2 = 78,7 \cdot 0,0024 \cdot 0,97 = 0,19;$
Мел (ППП = 43,9%)	$\text{CO}_2 = 8,3 \cdot 0,439 \cdot 0,97 = 0,35;$
Поташ (ППП = 34,0%)	$\text{CO}_2 = 0,3 \cdot 0,34 \cdot 0,97 = 0,09;$
Барий (ППП = 22,3	$\text{CO}_2 = 2,5 \cdot 0,22 \cdot 0,97 = 0,05;$
Глинозем	$\text{CO}_2 = 5,9 \cdot 0,013 \cdot 0,97 = 0,072;$
<hr/>	
Всего	$G_{\text{п.д.}} = 3,752$

Из них:  $\text{CO}_2 = 0,752$  кг/кг шихты,

или  $\text{CO}_2 = 0,106/1,977 = 0,054 \text{ нм}^3/\text{кг шихты}$ ;

$\text{H}_2\text{O} = 0,03 \text{ кг/кг шихты}$ ,

или  $\text{H}_2\text{O} = 0,03/0,804 = 0,037 \text{ нм}^3/\text{кг шихты}$ .

Тогда, расход сухих шихтовых материалов:

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

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

Расход тепла на получение  $\text{CaSiO}_3$  из  $\text{CaCO}_3$  (известняка и соды):

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

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

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

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

Расход тепла на получение  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  из  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (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  $\text{MgCO}_3$  (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 °С при начальной температуре шихты  $t_n = 30$  °С, кДж/кг стекломассы:

$$q_{ш} = C_c \cdot t_c - (G_{ш} \cdot C_{ш} \cdot t_n + G_6 \cdot C_6 \cdot t_n) ,$$

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

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

$C_6$  - средняя теплоёмкость стеклобоя,

$$C_6 = 0,751 + 0,000265 \cdot t = 0,751 + 0,000265 \cdot 30 = 0,759 \text{ кДж/кг·град.}$$

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

Расход тепла на плавление шихтовых материалов (стекла):

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

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

$$q_{газ} = q_{RO2} + q_{H2O} ,$$

где  $q_{RO2}$  - теплота нагрева  $CO_2$ , кДж/кг стекломассы:

$$q_{RO2} = V_{RO2} \cdot G_{ш} \cdot C_{RO2} t = 0,08 \cdot 0,91 \cdot 3371,2 = 245,423 ,$$

$$V_{RO2} = 0,072 + 0,008 = 0,08 \text{ нм}^3/\text{кг шихты},$$

$$C_{RO2} t = 3371,2 \text{ кДж/нм}^3 - \text{энтальпия газов при } t = 1490 \text{ } ^\circ\text{С};$$

$q_{H2O}$ - теплота нагрева воды, включая испарение влаги шихты, кДж/кг стекломассы:

$$q_{H2O} = (V_{H2O} \cdot C_{H2O} t + 25\omega) \cdot G_{ш} = (0,05 \cdot 2669,2 + 25 \cdot 4) \cdot 0,91 = 212,449 ,$$

$$V_{H2O} = 0,05 \text{ нм}^3/\text{кг шихты},$$

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

$\omega$ - влажность шихты, %.

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

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,  $50 \text{ т/сут.} \cdot 1,15 = 57,5 \text{ т/сут}$

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

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

где  $q_{\text{вар}}$  – теоретический расход тепла на варку стекла

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

## 3. Тепловой поток, теряемый отходящими газами:

$$Q_{\text{дг}} = V_{\alpha} \cdot B \cdot C_{\text{дг}} \cdot t_{\text{дг}}$$

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

где  $t_{\text{дг}}$  – температура отходящих газов

$C_{\text{дг}}$  – теплоемкость дымовых газов, кДж/нм<sup>3</sup>

по составу продуктов горения при температуре 1500 °С

$$C_{\text{дг}} = \Gamma_{\text{CO}_2} \cdot C_{\text{CO}_2} + \Gamma_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}} + \Gamma_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{N}_2} + \Gamma_{\text{O}_2} \cdot C_{\text{O}_2} = 0,993/12,533 \cdot 2,3415 + 2,20/12,533 \cdot 1,8598 + 8,94/12,533 \cdot 1,4467 + 0,4/12,533 \cdot 1,5320 = 1,6 \text{ кДж/нм}^3$$

где  $\Gamma_1$  – 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  $F_{изл} = 0,2 \cdot 2,2 = 0,44 \text{ м}^2$

#### 4.3. Потери тепла с уходящими продуктами горения

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

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

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

$i_{\text{дым}}$ - энтальпия продуктов горения при температуре уходящих газов,

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

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

#### 4.4. Потери тепла вследствие неполноты горения:

Принимаем потери вследствие неполноты горения 2% от прихода тепла:

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

#### 4.5. 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  $\alpha_1$ - коэффициент теплоотдачи от газов к стенке, учитывающий излучение газов и конвекцию,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ ;

$\alpha_2$ - коэффициент теплоотдачи от стенки в окружающую среду,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ ;

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

$S$ - толщина слоя, м;

$\lambda$ - коэффициент теплопроводности слоя материала при средней температуре по массе,  $\text{Вт/м} \cdot \text{град}$ ;

$F$ - теплопередающая поверхность,  $\text{м}^2$ .



Рассчитываем теплопередающие поверхности, м<sup>2</sup>:

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

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

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

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

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

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.

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

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

$$Q_{\text{стен}} = \frac{0,001 \cdot 26,51(1500 - 40)}{\frac{1}{100} + \frac{0,25}{1,3} + \frac{0,12}{0,538} + \frac{0,06}{0,251} + \frac{1}{11,7}} =$$

$$38,70 / (0,01 + 0,192 + 0,223 + 0,239 + 0,085) = 51,669 \cdot 2 = 103,338 \text{ кВт.}$$

Потери тепла через свод печи.

Динас – 450 мм.

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

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

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

#### 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  $\delta_{ш} = 0,4 \text{ м}$ ;

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

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

$$\lambda_2(\text{шамот}) = 0,61 + 0,00018 \cdot 1050 = 0,799;$$

$$Q_{\text{дно}} = \frac{0,001 \cdot 140,00(1200 - 35)}{\frac{1}{100} + \frac{0,28}{3,1} + \frac{0,4}{0,799} + \frac{0,1}{0,183} + \frac{1}{10,19}} =$$

$$163,1 / (0,01 + 0,09 + 0,50 + 0,0546 + 0,098) = 216,715 \text{ кВт}$$

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

#### **4.6. 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,  $t_1 = 1450^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 1250^\circ\text{C}$ ;

$C_1, C_2$  - средние теплоёмкости стекломассы между  $0^\circ$  и  $t_1$ , и между  $0^\circ$  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.,  $n = 2,2$ .

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

#### **4.7. Неучтённые потери тепла:**

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

Составляем уравнение теплового баланса:

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

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

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

$$B=0,436 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Невязка баланса:

$$\Delta Q=(Q_{\text{прих}}-Q_{\text{расх}})/Q_{\text{прих}} \cdot 100\%=(22829,493-22831,039)/2831,039 \cdot 100\%=0,006\%.$$

Подставляя найденное значение расхода топлива в статьи теплового баланса, составляем тепловой баланс печи. (табл.1)

Таблица 1

Приход	Количество тепла		Расход	Количество тепла	
	кВт	%		кВт	%
1. Тепло горения топлива	7588,77	66,72	1. На варку	2927,21	24,46
2. Тепло подогре- ва воздуха	3829,22	33,28	2. Унос с дымовыми газами	6539,09	57,97
			3. Потери излучением	344,6	3,07
			4. На нагрев обратных потоков	27,315	0,20
			5. Потери в окружающую среду	943,1	8,50
			6. Потери с выбивающимися газами	85,28	0,77
			7. Неучтенные потери	570,92	5,03
Сумма	11417,99	100	Сумма	11437,	100

### 10.3. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ РЕГЕНЕРАТОРА

Рассчитываем поверхность теплообмена, объем насадки и конструктивные размеры регенератора.

1. Объемы теплоносителей:

$$V_{\text{в}} = L_{\alpha} B = 11,66 \cdot 0,21 = 2,38 \frac{\text{нм}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{д.г}} = V_{\alpha} B + V_{\text{технол. газов}} = 12,72 \cdot 0,21 + 0,1 = 2,77 \frac{\text{нм}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{технол. газов}} = 0,1 \frac{\text{нм}^3}{\text{с}}$$

2. Распределение температур в регенераторах, работающих попеременно, где  $t_{\text{в}}'$  и  $t_{\text{в}}''$  - начальная и конечная температуры воздуха, проходящего через регенератор, приняты соответственно 700 и 100°C.  $t_{\text{в}}'$  и  $t_{\text{в}}''$  - то же, для дымовых газов, первая принята 1500°C, вторую рассчитывают.

3. Принята насадка типа Лихте. Размер ячейки ее 120×120 мм, кирпич насадочный шамотный размерами 300×150×60 мм.

Расчетом определяют последовательно: температуру выходящих дымовых газов, площадь поверхности нагрева насадки регенератора, объем и размеры регенератора.

а) поток теплоты, воспринимаемой воздухом:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{в}} &= V_{\text{в}} \cdot (t_{\text{в}}' \cdot C_{\text{в}}' - t_{\text{в}}'' \cdot C_{\text{в}}'') = 2,38 \cdot (1100 \cdot 1,451 - 70 \cdot 1,3) \\ &= 3582,14 \text{ кВт} \end{aligned}$$

б) тепловой поток, вносимый дымовыми газами:

$$\Phi'_{\text{д.г}} = V_{\text{д.г}} \cdot C'_{\text{д.г}} \cdot t'_{\text{д.г}} = 2,84 \cdot 1,595 \cdot 1500 = 6794,7 \text{ кВт};$$

$$C'_{\text{д.г}} = 0,079 \cdot 2,355 + 0,173 \cdot 1,853 + 0,716 \cdot 1,444 + 0,032 \cdot 1,529 = 1,595$$

$$\text{кДж/нм}^3 \cdot \text{град.}$$

в) тепловой поток, выносимый из регенератора дымовыми газами:

$$\Phi'_{д.г} = \Phi'_{д.г} \cdot 0,8 - \Phi_B = 6794,7 \cdot 0,8 - 3582,14 = 1853,6 \text{ кВт},$$

где 0,8 – коэффициент, учитывающий тепловой поток, теряемый регенератором в окружающую среду.

г) температура выходящих из регенератора дымовых газов может быть определена из равенства:

$$\Phi''_{д.г} = V_{д.г} C''_{д.г} t''_{д.г}, \text{ откуда } t''_{д.г} = \frac{\Phi''_{д.г}}{V_{д.г} C''_{д.г}} = \frac{1853,6}{2,84 \cdot 1,388} = 470^\circ\text{C}$$

Составляем таблицу теплового баланса регенератора.

### *Тепловой баланс регенератора*

Таблица 2

Приход	Количество Теплоты		Расход	Количество Теплоты	
	кВт	%		кВт	%
С дымовыми газами	6795	100	На нагрев воздуха	3582	52,7
			Унос с дымовыми газами	1854	27,3
			Потери в окружающую среду	1359	20,0
			Среду		
Итого	6795	100	Итого	6795	100

Определение площади поверхности нагрева насадки регенератора:

$$F_n = \frac{\Phi}{K_{cp} * \Delta t_{cp}}$$

Где  $\Phi$  - тепловой поток, затрачиваемый на нагрев воздуха в насадке и потери его в окружающую среду регенератором, кВт;

$F_H$  – необходимая площадь поверхности нагрева насадки,  $\text{м}^2$

$K_{\text{ср}}$  – средний коэффициент теплопередачи в насадке за цикл работы регенератора,  $\text{кДж/м} \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{ср}}$  – средняя разность температур теплоносителей,  $^\circ\text{C}$ ;

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{д.г}}' + t_{\text{д.г}}''}{2} - \frac{t_{\text{в}}' + t_{\text{в}}''}{2} = \frac{1500 + 470}{2} - \frac{1100 + 70}{2} = 400^\circ\text{C}$$

Определяем  $K_{\text{ср}}$ :

$$K_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{в}} + K_{\text{н}}}{2}$$

$K_{\text{в}}$ ,  $K_{\text{н}}$  – коэффициенты теплопередачи конвекцией и излучением для верха и низа насадки за цикл.

Рассчитываем по формуле:

$$K = \frac{3,6}{\frac{1}{\alpha_{\text{д.г}} \tau_{\text{д.г}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}} \tau_{\text{в}}} + \frac{\delta}{3 * \lambda * \tau} * \left(1 - \frac{\delta_{\text{сз}}^2}{108 * \lambda * \tau}\right)}$$

Где  $\alpha_{\text{д.г}}$ ,  $\alpha_{\text{в}}$  – коэффициенты теплопередачи от дымовых газов насадке и от насадки воздуху,  $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$\tau_{\text{д.г}}$ ,  $\tau_{\text{в}}$  – продолжительность периода движения дымовых газов и воздуха, ч.

Параметры насадочного кирпича следующие:  $C$  – удельная теплоемкость,  $\text{кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\rho$  – плотность,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\delta$  – толщина, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Если теплоотдача происходит за счет конвекции и излучения, то

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{к}}^{\text{д.г}} + \alpha_{\text{н}}^{\text{в}}$$

Где  $\alpha_{\text{к}}^{\text{д.г}}$ ,  $\alpha_{\text{н}}^{\text{в}}$  – соответственно коэффициенты теплоотдачи от дымовых газов насадке конвекцией и излучением,  $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

В данном случае  $\alpha_2 = \alpha_K^B$ , т. к. теплоотдача от насадку воздуху осуществляется только за счет конвекции (воздух – газ теплопрозрачный).

Для всех случаев:

$$\alpha_K = \frac{1,78 \cdot W^{0,5} \cdot T^{0,25}}{d^{0,33}}$$

Где  $W$  – скорость дымовых газов или воздуха при их движении по насадке, м/с;

$T$  – абсолютная температура дымовых газов или воздуха, °С;

$d$  – гидравлический диаметр ячейки насадки, при квадратной ячейке равен размерам ее, т. е. 0,12 м.

Для определения коэффициента теплоотдачи излучением используем формулу:

$$\alpha_K = \frac{q_n}{t_{д.г} - t_n}$$

Где  $q_n$  – плотность потока, передаваемого излучением насадке дымовыми газами, Вт/м<sup>2</sup>.

Температура насадки:

$$t_n = \frac{t_{д.г} - t_v}{2}$$

Плотность теплового потока излучением рассчитывают по формуле:

$$q_n = C_0 \cdot \varepsilon_{д.г} \cdot \left( \frac{T_{д.г}}{100} \right)^4 \cdot A,$$

Где  $C_0$  – коэффициент теплоотдачи излучением абсолютно-черного тела, равный 5,7 Вт/(м<sup>2</sup> · К<sup>4</sup>);

$\varepsilon_{д.г}$  – степень черноты дымовых газов;

$A$  – коэффициент обратного излучения насадки;

$$A = 1 - \left( \frac{T_n}{T_{д.г}} \right)^{3,6},$$

Рассчитываем коэффициент теплообмена для верха насадки.

Принимаем скорость воздуха 0,4 м/с, тогда скорость дымовых газов составит

$$W_{д.г} = W_B \cdot \frac{V_{д.г}}{V_B} = 0,4 \cdot \frac{6,76}{6,15} = 0,44 \text{ м/с}$$

$$T_{д.г}=1500+273=1773 \text{ }^{\circ}\text{C}, T_B=1100+273=1373^{\circ}\text{C}$$

Для дымовых газов:

$$\alpha_K^{д.г} = \frac{1,78 \cdot 0,44^{0,5} \cdot 1773^{0,25}}{0,12^{0,33}} = 15,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Значение  $\alpha_K^{д.г}$  вычисляем с помощью десятичных логарифмов.

В данном случае:

$$\log \alpha_K^{д.г} = \log 1,78 + 0,5 \cdot \log 0,44 + 0,25 \cdot \log 1773 - 0,33 \cdot \log 0,12 = 1,188$$

По антилогарифмам  $\alpha_K^{д.г} = 15,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^{\circ}\text{C}$  Для воздуха

$$\alpha_K^B = \frac{1,78 \cdot 0,40^{0,5} \cdot 1373^{0,25}}{0,12^{0,33}} = 13,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Для расчета определяем:

$$t_n = \frac{1500 + 1100}{2} = 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Находим коэффициент  $A$ :

$$A = 1 - \left( \frac{1300 + 273}{1500 + 273} \right)^{3,6} = 0,35$$

Степень черноты дымовых газов  $\varepsilon_{д.г}$  находится по зависимости их от парциального давления  $P$ , бар (кПа), толщины излучающего слоя  $S_{эф}$  м и температуры  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ . Общее давление газов принимаем равным 1 ат, или 100 кПа. Тогда:



$$P_{CO_2} = 0,088 \cdot 100 = 8,8 \text{ кПа}; P_{H_2O} = 0,172 \cdot 100 = 17,2 \text{ кПа}$$

Эффективную толщину слоя газов в насадке (участвующий в излучении) принимают равной размеру ячейки насадки или 0,12 м. Находим произведение парциального давления на толщину слоя газов:

$$P_{CO_2} \cdot S_{\text{эф}} = 8,8 \cdot 0,12 = 1,06 \text{ кПа} \cdot \text{м};$$

$$P_{H_2O} \cdot S_{\text{эф}} = 17,2 \cdot 0,12 = 2,06 \text{ кПа} \cdot \text{м}.$$

По номограммам находим степень черноты углекислоты и водяного пара дымовых газов, а также поправочный коэффициент на излучение водяного пара. Тогда

$$\varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O} * \beta = \varepsilon_{\text{д.г}}$$

$$\varepsilon_{CO_2}^{1500} = 0,028; \varepsilon_{H_2O}^{1500} = 0,017; \beta = 1,07$$

$$\varepsilon_{\text{д.г}} = 0,028 + 0,017 * 1,07 = 0,0462$$

Тогда

$$q_{\text{н}} = 5,7 * 0,0462 * \left( \frac{1500 + 273}{100} \right)^4 * 0,35 = 9100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{9100}{1500 + 1300} = 45,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Суммируя коэффициенты излучения и конвекции, получаем:

$$\alpha_1 = 15,4 + 45,5 = 60,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}, \quad \alpha_2 = 13,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Расчет параметров насадочного шамотного кирпича следующий:

$$C = 0,837 + 0,000264 * t_{\text{н}} = 1,14 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} * ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 0,7 + 0,00064 * t_n = 1,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} * ^\circ\text{C}$$

Принимаем  $\rho=1900 \text{ кг/м}^3$ , размеры кирпича  $300 \times 150 \times 65 \text{ мм}$ .

Рассчитываем K за цикл:

$$K = \frac{3,6}{\frac{1}{60,9*0,5} + \frac{1}{13,8*0,5} + \frac{0,065}{3*1,5*0,5} * \left(1 - \frac{0,065^2}{108*1,5*0,065}\right)} = 17,5 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Рассчитываем коэффициент теплопередачи для низа насадки подобно предыдущему расчету. Скорость воздуха и дымовых газов оставляем прежними: 0,4 и 0,44 м/с.

Температуру дымовых газов принимаем по  $^\circ\text{C}$ :

$$T_{д,г} = 470 + 273 = 743 \text{ К}, T_B = 70 + 273 = 343$$

Значения:

для дымовых газов:

$$\alpha_{к}^{д,г} = \frac{1,78 * 0,44^{0,5} * 743^{0,25}}{0,12^{0,33}} = 12,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

для воздуха:

$$\alpha_{к}^B = \frac{1,78 * 0,40^{0,5} * 343^{0,25}}{0,12^{0,33}} = 9,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Рассчитываем коэффициент излучения дымовых газов, для чего определяем  $t_n$  и A:

$$t_n = \frac{470 + 70}{2} = 270 ^\circ\text{C}; A = 1 - \left(\frac{270 + 273}{470 + 273}\right)^{3,6} = 0,67$$

Общее давление газов, парциальные давления  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а также произведение остаются теми же, что для верха насадки. Находим степень черноты газов при температуре  $470 ^\circ\text{C}$ :

$$\varepsilon_{CO_2}^{470} = 0,051; \varepsilon_{H_2O}^{470} = 0,058; \varepsilon_{д.г} = 0,051 + 0,058 = 0,109$$

Определяем плотность теплового потока излучением:

$$q_H = 5,7 * 0,109 * \left( \frac{470 + 273}{100} \right)^4 * 0,67 = 1270 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

$$\alpha_H = \frac{1270}{470 + 270} = 6,34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Тогда

$$\alpha_1 = 12,4 + 6,34 = 18,74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}, \quad \alpha_2 = 9,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Расчет параметров насадочного кирпича следующий:

$$C = 0,837 + 0,000264 * 270 = 0,91 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} * ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 0,7 + 0,00064 * 270 = 0,87 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} * ^\circ\text{C}$$

Рассчитываем K за цикл:

$$K = \frac{3,6}{\frac{1}{18,7 * 0,5} + \frac{1}{9,8 * 0,5} + \frac{0,065}{3 * 0,87 * 0,5} * \left( 1 - \frac{0,065^2 * 0,91 * 1900}{108 * 0,87 * 0,065} \right)} = 14 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Средний коэффициент теплопередачи за цикл составит:

$$K_{\text{ср}} = \frac{17,5 + 14}{2} = 15,75 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} * ^\circ\text{C}$$

Площадь поверхности нагрева насадки определяют по тепловому потоку, расходуемому на нагрев воздуха и теряемому в окружающую среду:

$$\Phi = \Phi_{\text{в}} + \Phi_{\text{о.с}}$$

$$\Phi = 3582 + 1190 = 4601 \text{ кВт}; F_{\text{н}} = \frac{\Phi * 1800}{K_{\text{ср}} * \Delta t_{\text{ср}}} = 1315 \text{ м}^2$$

где множитель 1800 характеризует продолжительность цикла, с.

На каждый 1 м<sup>2</sup> зеркала варочной части печи приходится площадь поверхности насадки, равная

$$\frac{F_{\text{нас}}}{F_{\text{вар}}} = \frac{1315}{78,4} = 16,8$$

При удельной поверхности нагрева насадки типа Лихте

$f_{\text{уд}} = 16,2$  объем насадки равен

$$V = \frac{F_{\text{нас}}}{f_{\text{уд}}} = \frac{1315}{16,2} = 81 \text{ м}^3$$

Длину насадки принимаем равной длине варочной части 14 м, ширина насадки – 1,5 м. Высота насадки:

$$H_{\text{нас}} = \frac{V}{L_{\text{нас}} * B_{\text{нас}}} = \frac{81}{14 * 1,5} = 3,9 \text{ м}$$

В современных печах высота насадки достигает 7–8 м. Принимаем высоту насадки равной 7,5 м.

## 10.4. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Целью аэродинамического расчета является проверка, будет ли достаточным геометрический напор, возникающий в воздушном регенераторе, для компенсации потери напора на пути движения воздуха; запас напора должен быть не менее 20 %.

Аналогичный расчет по пути движения газов, отходящих из печи, является основанием для расчета высоты дымовой трубы; регенеративные печи работают на естественной тяге[15].

Рассчитываются только потери напора на местные сопротивления, т. к. сопротивления трения в печной системе незначительны ввиду малых скоростей движения газов и воздуха.

Площади сечений по пути движения воздуха и газов принимаются по эскизу печи.

Расчет местных сопротивлений выполняем по следующей формуле:

$$\Delta P_m = \xi_m * \frac{W^2}{2} * \rho$$

Скорость движения газовой среды при действительных условиях:

$$W_t = \frac{V_t}{F} = \frac{V_0 * \left(1 + \frac{t}{273}\right)_m}{F} \frac{m}{c}$$

### 1. Для воздушного регенератора:

$$V_0^{B03} = B * L_\alpha$$

Где  $L_\alpha$  — действительный расход воздуха,  $nm^3 / nm^3$

Геометрический напор в воздушном регенераторе:

$$P_{geom}^B = H_p * (\rho_0^B - \rho_{t\text{cp}}^B) * 9,8$$

Где  $H_p$  – высота регенератора, м.

$$\text{Запас напора } P_{\text{зап}} = P_{\text{геом}}^B - \sum \Delta P_M^B$$

$$V_0^{\text{воз}} = B * L_\alpha = 0,21 * 11,319 = 2,38 \text{ м}^3/\text{с}, \rho_0^B = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Геометрический напор в воздушном регенераторе при общей конструктивной высоте регенератора  $H_p = 9,6$  м и  $\rho_{585}^B = 0,41 \text{ кг}/\text{м}^3$  составит:

$$P_{\text{геом}}^B = 9,6 * (1,2 - 0,41) * 9,8 = 74,32 \text{ Па}$$

Таблица 3

Вид местного сопротивления	$V^{\text{возд}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	$t$ , $^\circ\text{C}$	$V$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$F$ , $\text{м}^2$	$W$ $\text{м}/\text{с}$	$\rho$ $\text{кг}/\text{м}^3$	$\frac{W_t^2}{2} * \rho_1$	$\xi$	$\Delta P_M$ $\text{Па}$
Вход в клапан, поворот в клапане	2,38	20	2,55	1,87	1,36	1,21	1,12	1,7	1,90
Поворот канала к регенератору	2,38	40	2,73	1,77	1,54	1,12	1,33	0,5	0,67
Разделение потока, вход в подсадочный канал	2,38	50	2,82	1,63	1,73	1,10	1,65	2,5	4,13
Поворот и вход в насадку	0,6	70	0,75	5,98	0,13	1,03	0,009	2,5	0,02
Сопротивление насадки	0,6	585	1,89	5,98	0,32	0,41	0,02	10,7	0,21
Выход из насадки	0,6	1100	3,02	5,98	0,51	0,26	0,034	2,0	0,07
Вход в горелку	0,6	1125	3,07	1,26	2,44	0,25	0,74	0,5	0,37
Сужение потока	0,6	1140	3,11	0,7	4,44	0,25	2,46	0,2	0,49
Вылет в печь	0,6	1150	3,13	0,42	7,45	0,25	6,94	1,0	6,94
ИТОГО									14,8

$$\text{Тогда запас напора } P_{\text{зап}} = 74,32 - 14,8 = 59,52 \text{ Па}$$

По величине запаса напора делаем вывод, что воздух в клапане будет поступать за счет разряжения в тракте.

## Расчет местных сопротивлений и потерь давления по пути

### движения дымовых газов:

Суммарные сопротивления по пути движения газов складываются из потерь напора на преодоление местных сопротивлений, геометрического давления, затраченного на опускание дымовых газов в регенераторе и потерь напора на преодоление сопротивлений трения, которые принимаются в размере 20 % от потерь на местные сопротивления. При расчете газового тракта учитывается, что за счет разряжения, создаваемого в системе дымовой трубой, имеет место подсос воздуха из окружающей среды, и объем газов постоянно увеличивается, достигая у основания трубы 120–130 % от первоначального.

Таким образом:

$$P_{\text{общ}} = (\Delta P_{\text{м}} + P_{\text{геом}} + \Delta P_{\text{тр}}) * K$$

Где  $P_{\text{общ}}$  — отрицательное давление газов у основания дымовой трубы, Па

$\Delta P_{\text{м}}$  — потеря давления на преодоление местных сопротивлений, Па;

$P_{\text{геом}}$  — геометрическое давление, затраченное на опускание дымовых газов в регенераторе;

$\Delta P_{\text{тр}}$  — потеря давления на преодоление сопротивлений трения, Па

$K$  — коэффициент запаса давления принимается равным 1,4

Плотность дымовых газов:

$$\rho_{\text{д.г}} = \sum \rho_i \rho_{\text{д.г}} = r_{\text{CO}_2} * \rho_{\text{CO}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}} * \rho_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{N}_2} * \rho_{\text{N}_2} + r_{\text{O}_2} * \rho_{\text{O}_2} = 1,3$$

Для газового регенератора:

$$V_0^{\text{BO3}} = B * L_{\alpha} = 2,73 \text{ м}^3/\text{с}$$

Геометрический напор в воздушном регенераторе при  $H_p = 9,6$  м и  $\rho_{950}^B = 0,29 \text{ кг/м}^3$  составит:

$$P_{\text{геом}}^B = 9,6 * (1,2 - 0,29) * 9,8 = 85,6 \text{ Па}$$

Потеря давления на преодоление сопротивлений трения:

$$P_{\text{тр}} = 0,2 * 40,55 = 8,11 \text{ Па}$$

Суммарные потери напора:

$$P_{\text{общ}} = (40,55^2 + 85,6 + 8,11) * 1,44 = 187,96 \text{ Па}$$

Определение высоты трубы:

$$H_{\text{трубы}} = \frac{P_{\text{общ}}}{(\rho_t^B - \rho_t^{\text{д.г}}) * 9,8}$$

Где  $\rho_t^B$  – плотность окружающего воздуха для летних условий, кг/м<sup>3</sup>  
 $\rho_t^{\text{д.г}}$  – плотность дымовых газов при температуре, которая принимается как средняя по высоте трубы, кг/м<sup>3</sup>

Принимаем ориентировочно высоту трубы 80 м. Тогда общее снижение температуры составит:

$$\Delta t = H_{\text{оринт}} * v = 80 * 1,5 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

Где  $v$  – падение температуры на 1 метр кирпичной трубы.

Температура газов на выходе из трубы:



$$t_{\text{устья}} = t_{\text{осн}} - \Delta t = 350 - 120 = 230^{\circ}\text{C}$$

Средняя температура газов в трубе:

$$t_{\text{ср}}^{\text{д.г}} = \frac{t_{\text{устья}} + t_{\text{осн}}}{2} = \frac{350 + 230}{2} = 290^{\circ}\text{C}$$

Плотности газа и воздуха:

$$\rho_{290}^{\text{д.г}} = 0,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{35}^{\text{в}} = 1,14 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

$$H_{\text{трубы}} = \frac{187.96}{(1,14 - 0,8) * 9,8} = 57 \text{ м}$$

Расчет трубы предусматривает определение ее диаметра. Из соображений устойчивости труба делается сужающейся кверху. Диаметр устья определяется из условия, что скорость выхода газов из трубы должна быть в пределах 4...8 м/с. Принимаем 4 м/с.

$$F_{\text{устья}} = \frac{V_{\text{д.г}}}{W_{t \text{ устья}}}$$

Откуда диаметр устья:

$$D_{\text{устья}} = \sqrt{\frac{4 * F_{\text{устья}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 1,43}{3,14}} = 1,35 \text{ м}$$

Тогда диаметр основания трубы:

$$D_{\text{осн}} = 1,5 * D_{\text{устья}} = 1,5 * 1,35 = 2,0 \text{ м.}$$

## 10.5. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВАННОЙ ПЕЧИ

Рассчитываем площади ограждений как среднее арифметическое между внутренней и наружной поверхностью[16]:

$$F = \frac{F_{\text{вн}} + F_{\text{нар}}}{2}$$

Примем обозначения для бассейна, пламенного пространства и свода:

$b_6$  – ширина бассейна, 5,5 м;

$l_{61}$  – длина бассейна до порога, 8,6 м

$l_{62}$  – длина бассейна после порога, 4,3 м;

$b_{\text{п.п}}$  – ширина пламенного пространства, 5,8 м

$l_{\text{п.п}}$  – длина пламенного пространства, 14,65 м;

$\sigma_6$  – толщина стены бассейна с изоляцией, 0,45 м;

$\sigma_{\text{п.п}}$  – толщина стены пламенного пространства с изоляцией, 0,5 м;

$\sigma_{3.к}$  – толщина свода, 0,56 м;

$b_{3.к}$  – ширина загрузочного кармана, 4,5 м;

$l_{3.к}$  – длина загрузочного кармана, 1,55 м;

$h_1$  – высота брусьев бассейна до переливного порога, 1,1 м;

$h_2$  – высота брусьев бассейна после переливного порога, 1,4 м;

$f_{\text{св}}$  – высота подъема свода, 0,6 м;

$f_{3.к}$  – высота арки загрузочного кармана, 0,4 м;

$\alpha$  – центральный угол, при  $f=1/8$  пролета  $\alpha=56^\circ$

$h_{\text{п.п}}$  – высота пламенного пространства, 2,2 м.

Площадь бассейна состоит из площади до порога и площади после порога.

Площадь дна бассейна до порога состоит из площади варочной части до порога и загрузочного кармана:

$$F_{\partial na 1} = F_{\partial ap} + F_{3.к},$$

$$F_{\partial na 1} = \left(l_{\partial 1} + \frac{\sigma_{\partial}}{2}\right) * (b_{\partial} + \sigma_{\partial}) + (b_{3.к} + \sigma_{3.к}) * \left(l_{3.к} + \frac{\sigma_{\partial}}{2}\right)$$

$$F_{\partial na 1} = \left(8,6 + \frac{0,45}{2}\right) * (5,5 + 0,45) + (4,5 + 0,45) * \left(1,55 + \frac{0,45}{2}\right) = 61,3 \text{ м}^2$$

Площадь бассейна после порога:

$$F_{\partial na 2} = \left(l_{\partial 2} + \frac{\sigma_{\partial}}{2}\right) * (b_{\partial} + \sigma_{\partial})$$

$$F_{\partial na 2} = \left(4,3 + \frac{0,45}{2}\right) * (5,5 + 0,45) = 26,92 \text{ м}^2$$

Площадь стен бассейна:

$$F_{ст.бас} = h_2 * \left[2 * \left(l_{\partial 1} + l_{\partial 2} + l_{3.к} + \frac{\sigma_{\partial}}{2}\right) + (b_{\partial} + \sigma_{\partial})\right]$$

$$F_{ст.бас} = 1,4 * \left[2 * \left(8,6 + 4,3 + 1,55 + \frac{0,45}{2}\right) + (5,5 + 0,45)\right] = 57,75 \text{ м}^2$$

Площадь стен пламенного пространства:

$$F_{ст.п.п} = 2 * F_{прод} + F_{тор} - F_{гор}$$

Площадь продольных стен:

$$F_{прод} = \left(l_{п.п} + \frac{\sigma_{п.п}}{2}\right) * h_2 = \left(14,65 + \frac{0,5}{2}\right) * 1,4 = 20,86 \text{ м}^2$$

Площадь торцевой стены:

$$F_{\text{торц}} = \frac{2}{3} * b_{n.n} * f_{\text{св}} + b_{n.n} * h_{n.n} - \frac{2}{3} b_{3.к} * f_{3.к}$$

$$= \frac{2}{3} * 5,8 * 0,6 + 5,8 * 2,2 - \frac{2}{3} 4,5 * 0,4 = 13,89 \text{ м}^2$$

Подставляя полученные значения, получим:

$$F_{\text{ст.н.н}} = 2 * 20,86 + 13,89 - (0,5 * 0,35) * 8 = 54,21 \text{ м}^2$$

Площадь свода:

$$F_{\text{св}} = \left( l_{n.n} + \frac{\sigma_{n.n}}{2} \right) * \frac{\pi * r * \alpha}{180}$$

где  $r$  – радиус свода, м, который определяется по следующей формуле:

$$r = \frac{b_{n.n} + \frac{\sigma_{\text{св}}}{2}}{2 * \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{5,8 + \frac{0,56}{2}}{2 * \sin \frac{0,56}{2}} = 6,5 \text{ м}$$

Тогда

$$F_{\text{св}} = \left( 14,65 + \frac{0,5}{2} \right) * \frac{3,14 * 6,5 * 56}{180} = 93,87 \text{ м}^2$$

Расчет площади ограждения без изоляции:

Площадь дна до порога:

$$F_{\text{дна1}} = 8,6 * 5,5 + 4,5 * 1,55 = 54,28 \text{ м}^2$$

Площадь дна после порога:

$$F_{\text{дна2}} = 4,3 * 5,5 = 23,65 \text{ м}^2$$

Площадь стен бассейна:

$$F = 1,4 * [2 * (12,9 + 1,55 + 5,5)] = 55,86 \text{ м}^2$$

Площадь стен пламенного пространства:

$$F_{\text{прод}} = 14,3 * 1,4 = 20,51 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{торц}} = \frac{2}{3} * 5,8 * 0,6 + 5,8 * 2,2 - \frac{2}{3} 4,5 * 0,4 = 13,89 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ст.п.п}} = 2 * 20,51 + 13,89 - (0,5 * 0,35) * 8 = 53,51 \text{ м}^2$$

Площадь свода:

$$r = \frac{5,8}{2 * \sin \frac{56}{2}} = 6,2 \text{ м}$$

$$F_{\text{св}} = 14,65 * \frac{3,14 * 6,5 * 56}{180} = 88,73 \text{ м}^2$$

Расчет средней площади ограждения:

$$F_{\text{дна1,ср}} = \frac{61,3 + 54,2}{2} = 57,8 \text{ м}^2, \quad F_{\text{дна2,ср}} = \frac{26,92 + 23,65}{2} = 25,3 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ст.б.ср}} = \frac{57,75 + 55,86}{2} = 56,8 \text{ м}^2, \quad F_{\text{дна2,ср}} = \frac{54,21 + 53,51}{2} = 53,86 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{св,ср}} = \frac{93,87 + 88,73}{2} = 91,3 \text{ м}^2$$

# **КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА**

## 11. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Стеклянные мозаичные плитки после выхода из печи отжига осматривает сортировщик, который отбирает бой и брак. Основанием для сортировки стеклянных мозаичных плиток являются государственные стандарты и технические условия. Для удобства сортировки и наглядности подбирают эталоны отдельных видов пороков.

Всех бракованных плиток обращают в бой. Кроме сортировки мозаичных плит испытывают на испытательной станции или в цеховой лаборатории. При испытании проверяют:

- термостойкость в пределах перепада температур, установленного государственным стандартом;
- сопротивление внутреннему давлению (с помощью гидравлического пресса);
- механическую прочность (раздавливание на рычажном прессе);
- качество отжига стеклянной тары (с помощью полярископа или поляриметра);
- массу.

ОТК и испытательная станция проверяют работу сортировщиков качество изделий, выпущенных машиной после полной смены форм, проводят контрольную разбраковку изделий с конвейера печи отжига.

Готовые плитки проходят визуальный и автоматический контроль на соответствие требованиям ГОСТ 17057 – 89 «Мозаичные плитки для строительной промышленности», TSh 64 – 17990923.

Контроль качества мозаичных плит производится в 3 этапа:

1. Сплошной контроль (Инспекционно – сортировочное оборудование, визуально на световой дорожке);
2. По операционный контроль (каждые 2 часа, контроль по всем параметрам стеклоизделий – проводит контролер ОТК);

3. Приема – сдаточные испытания (каждые 3 часа контроль по всем параметрам проводит контрольный мастер – лаборант).

1.1. На первой линии установлен Инспекционно – сортировочная машина FleXinspectM, который проверяет плитки на соответствие: ширину и длину плитки, трещины на поверхности плитки, деформация формы, сколы, посечки;

1.2. На второй линии Инспекционно – сортировочное оборудование состоит из контрольной линии, который проверяет плитку на соответствие: ширину и длину плитки, трещины на поверхности плитки, деформация формы, сколы, посечки.

Качества мозаичной плитки по внешнему виду проверяется визуально 100% контролерами ОТК на «Световой дорожке».



# **ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## 12. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проблема охраны окружающей среды в конце XX столетия стала одной из острейших во всех государствах и достигла максимального пика в наиболее развитых странах, где прямое и косвенное воздействие на природу приобрело довольно широкие масштабы. Рассматривая потенциальные угрозы национальной безопасности, особое внимание необходимо обратить на проблему экологической безопасности и охраны окружающей среды. Надо открыто признать - на протяжении многих лет в условиях старой командно-административной системы этой проблемой серьезно не занимались. По существу она была предметом исследований отдельных ученых-энтузиастов, "криком души" людей неравнодушных, остро переживающих за будущее своей страны, за сохранность ее природных богатств[17].

Эта проблема еще больше обострилась за последние годы. В результате стихийного, хаотичного перехода в ряде стран СНГ к рыночной экономике, утраты управляемости, контроля за использованием природных и минерально-сырьевых ресурсов они стали растаскиваться, хищнически добываться и экспортироваться по низким ценам, превратились в источник получения для отдельных так называемых "новых" и целых коррумпированных групп сверхприбылей. При этом в угоду своим алчным интересам они приносят в жертву экологическую безопасность, здоровье и благополучие ныне живущих и будущего поколения. Бессовестным образом разворовываются, истребляются не только огромные материальные ценности, уникальное достояние человечества, но и наносится огромный вред всей окружающей среде, нарушается климат, а главное - уродуются естественные условия жизни и деятельности не одного поколения людей.

Сегодня, в преддверии XXI столетия, в условиях стремительного научно-технического прогресса и изменения геополитической структуры мира все большую актуальность приобретают проблемы регулирования воздействия, оказываемого человеком на биосферу, гармонизации

взаимодействия общественного прогресса и сохранения благоприятной природной среды, достижения равновесия во взаимоотношениях "человек-природа". Можно с горечью сказать, что в Центрально-азиатском регионе сложилась одна из опаснейших зон экологического бедствия. Сложность ситуации не только в том, что она несет в себе аккумулятивный результат игнорирования этой проблемы на протяжении многих десятилетий, но и в том, что практически все сферы обитания и жизнедеятельности человека в регионе подвержены экологическому риску. Мы имеем горький опыт доказательства того, что природа не терпит вульгарного и самонадеянного обращения с ней. Этого она не прощает. Ложный социалистический идеологический постулат, что человек - хозяин природы, обернулся, особенно в Центрально-азиатском регионе, трагедией для жизни многих людей, целых народов и наций, поставил их на грань вымирания, исчезновения генофонда.

Постоянно возрастает угроза ограниченности земли и ее низкий качественный состав. В условиях Центральной Азии земля является бесценным даром - она в буквальном смысле кормит, одевает людей, создает материальную основу для благополучия жизни многих семей, не только непосредственно связанных с сельскохозяйственным производством, но и всего населения республики, где так или иначе все отрасли тесно связаны с землей и щедро пользуются ее плодами. В то же время земля - это не только огромное достояние, но и фактор, от которого зависит будущее страны. Особенно сильно это проявляется в Узбекистане, где от года к году усиливается экономическая и демографическая нагрузка на землю.

Особенность республики состоит в том, что из общей площади, равной свыше 447,4 тыс.кв.м, только 10 процентов составляют посевные площади.

К сожалению, эти процессы не минули и Узбекистан, где, по оценке специалистов, складывается крайне сложная, можно сказать опасная ситуация.

Большой экологической проблемой Узбекистана стала высокая степень засоленности земель. К этому привело массовое их освоение, когда в оборот крупными, сплошными массивами вводились даже засоленные и непригодные к мелиорации земли. За последние 50 лет площадь орошаемых земель возросла с 2,46 млн га до 4,28 млн га. Только за 1975-1985 годы освоено около 1 млн га новых земельных массивов. К 1990 году площадь орошаемых земель по сравнению 1985 годом увеличилась в 1,5 раза.

Особую опасность представляет радиоактивное загрязнение. Вдоль берегов реки Майлуу-Суу (Кыргызстан) в период с 1944 по 1967 годы захоронены отходы переработки урановой руды и к настоящему времени имеется 23 хвостохранилища, требующих укрепления селезащитных дамб и выполнения работ по обеспечению устойчивости склонов в оползнеопасных участках. Экологически опасным очагом загрязнения являются и хвостохранилища в Навоийской области, где имеется радиоактивный песок с реальной угрозой ветрового выноса.

Острейшей экологической проблемой, можно сказать национальным бедствием, стала проблема исчезновения Аральского моря.

Законодательные акты Республики Узбекистан:

Основной Закон Республики Узбекистан от 08.12.1992 г. "Конституция Республики Узбекистан"

Закон Республики Узбекистан 657-XII от 03.07.1992 г. "О государственном санитарном надзоре"

Закон Республики Узбекистан №754-XI от 09.12.1992 г. "Об охране природы"

Закон Республики Узбекистан NB837-XII от 06.05.1993 г. "О воде и водопользовании"

Постановление Олий Мажлиса Республики Узбекистан №232-1 от 26.04.1996 г. "Об утверждении Положения о Государственном Комитете Республики Узбекистан по охране природы"

Закон Республики Узбекистан №353-1 от 27.12.1996 г. Об охране атмосферного воздуха

Закон Республики Узбекистан №417-1 от 25.04.1997 г. О геодезии и картографии

Закон Республики Узбекистан №543-1 от 26.12.1997 г. Об охране и использовании растительного мира

Закон Республики Узбекистан №545-1 от 26.12.1997 г. Об охране и использовании животного мира

Закон Республики Узбекистан №73-11 от 25.05.2000 г. Об экологической экспертизе

Закон Республики Узбекистан от 31.08.2000 г. О радиационной безопасности

Закон Республики Узбекистан от 31.08.2000 г. О защите сельскохозяйственных растений от вредителей, болезней и сорняков

Закон Республики Узбекистан №871-XII от 05.04.2002 г. Об отходах

Закон Республики Узбекистан №444-1 от 13.12.2002 г. О недрах  
Закон Республики Узбекистан от 03.12.2004 г. Об охраняемых природных территориях

Реализация этих и других действенных мер по защите окружающей среды позволит уже в ближайшее время искоренить многие изъяны и упущения в области экологии, доставшиеся в наследство молодой республике от предыдущей системы, ликвидировать нависшую угрозу глобального по своим масштабам экологического кризиса, создать необходимые условия и экологически чистую среду обитания для населения республики, рождения и развития физически здорового подрастающего поколения

Таблица 1

## Газопылевые выбросы производства в атмосферу и их очистка

Источники выброса газов или пыли в атмосферу	Состав газопылевых выбросов	Кол-во выделяемых выбросов, м <sup>3</sup> /час		Кол-во газопылевых выбросов м <sup>3</sup> /час		ПДВ	Применяемые методы очистки. Очистные установки	Рекуперация газопылевых выбросов
		Газообразные	пылевые	Поступающих в атмосферу без очистки	Подаваемых на очистку			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Депропанализатор	CO <sub>2</sub>	4,6	-	-	4,6	43,68	Адсорбционный	Обратно в цикл
	NO <sub>2</sub>	10,8	-	-	10,8	0,1097		

Таблица 2

## Потребление воды производством (цехом, участком)

Источники водоснабжения	Нормы водопотребления, м <sup>3</sup> /час		Объем оборотной воды, м <sup>3</sup> /час	Экономия чистой воды
	Проектная	фактическая		
1	2	3	4	5
Скважина предприятия	10	8,0	7,0	86

Таблица 3

## Сточные воды и их очистка

Виды сточных вод	Объем сточной воды, м <sup>3</sup> /час		Состав загрязнителя г/л	Методы очистки	Очистные аппараты и сооружения и	Пути использования очищенной воды
	очищаемой	сбрасываемый				
1	2	3	4	5	6	7
Хозяйственно-бытовые	8,0	-	примеси Твердые частицы Органические	фильтрование коагуляция биологический	фильтр коагулятор Биологич. пруды	Обратно в цикл

В качестве твердых отходов получается катализатор. Его направляют на извлечение из него ценных металлов.

# ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА



### 13. ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА

Республика Узбекистан расположена в Центрально-азиатском регионе с территориям 447,4 км<sup>2</sup>, население более 30 млн.человек. Столица республики Узбекистан город Ташкент.

На основании указа Президента республики Узбекистан от 4 марта 1996 года № УП – 1378 «Об образовании министерство по чрезвычайным ситуациям » создан Министерство по чрезвычайным ситуациям (МЧС).

Основной целью министерства является защита населения и территории нашей страны в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, предупреждение и при возникновении ликвидация их последствий, разработка мероприятий по защите населения и территорий на этой основе координация совместно действий соответствующих государственных систем, доведение до населения широких понятий о чрезвычайных ситуациях, обучение их правильном действием при чрезвычайных ситуациях пропаганда сведений такого характера.

Министерство имеет ряд структурных и территориальных подразделений, в которые входит Управления по чрезвычайным ситуациям Республики Каракалпакстан, областей республики и города Ташкента. А в институте гражданской защиты министерства проходят переподготовку, повышают свои знания и квалификацию в области гражданкой защиты, не только сотрудники этой профессии, по и все специалисты, разработанные ответственными работниками по республиканском уровне. В Министерстве действует Республиканский многопрофильный центр быстрого реагирования, специальный отряд быстрого реагирования, поисково-спасательные отряды «Резак», «Камчик» которые могут оказывать любую помощь нашим гражданам в любых ситуациях

Для ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера, а также для проведения спасательных и других неотложных работ

на завод созданы следующие формирования Гражданская защита из числа рабочих и служащих.

#### Организация гражданской защиты на предприятии «Стекольный завод»



Все формирования оснащены необходимой техникой, материально-техническими средствами согласно норме с учётом особенностей объекта. Для каждого формирования разработаны «план проведения в готовность» по которым проводится тренировки личного состава, а также все формирования участвуют на объектах тактико-специальных учениях и учебных учениях и учебных мероприятиях проводимых штабом ГЗ и службами города.

Командир формирования является прямым начальником всего личного состава и несёт ответственность за подготовку, дисциплину и моральное состояние подчиненного личного состава, поддержание постоянной готовности и своевременное выполнение поставленных задач, за сохранность имущества.

Для каждого формирования разработаны «План проведения в готовность» по который проводятся тренировки личного состава, а также все

формирования участвуют на объектовых тактико-специальных учениях и учебных мероприятиях проводимых штабом ГЗ и службами города Ташкента.

Согласно постановлению кабинет министров Республике Узбекистан №455 на предприятии «Стекольный завод» возможны следующие чрезвычайные ситуации:

1. Чрезвычайная ситуация техногенного характера. Нарушение технологического процесса может привести к авариям, пожаром, взрывам. Неисправность оборудования и приборов, возможно образование в помещениях, аппаратах, газопроводах, колодцах взрывоопасных смесей с воздухом и при этом различных источников возгорания.

2. Чрезвычайная ситуация природного характера возможны землетрясения; бури, ураганы, наводнения, вспышки опасных инфекционных заболеваний.

- На предприятии «Стекольный завод» в качестве горючего вещества в печах для варки стекла применяют природный газ. Производство основана на получение стекольных мозаичных плит из местного сырья. Основными отходами производства являются,  $\text{g/m}^3$ :

Двуокись углерода  $\text{CO}_2$  – бесцветный газ, обладает наркотическим, а также удушающим действием от недостатка кислорода.

Диоксид азота  $\text{NO}_2$  – ядовитый газ, красно-бурого цвета, с характерным острым запахом.

Серный ангидрид  $\text{SO}_3$  -высший оксид серы, легколетучая бесцветная жидкость с удушающим запахом.

Оповещение и ликвидация последствий аварий и катастроф природного и техногенного характера осуществляется согласно плана ГЗ и плана основных мероприятий предприятия «Стекольный завод».

Оповещение осуществляется с помощью специальной аппаратуры, комплекса технических средств связи и сигнализации. Оповещение включает: передачу информации об опасности работникам, находящимся на

рабочих местах; передачу или распоряжений и инструкций; принятие сообщений от работников на диспетчерском пункте; Осуществление двухсторонней громкоговорящей связи диспетчера с работниками. Основной вид оповещения

- аварийная громкоговорящая связь. Вспомогательную роль привлечения внимания работающих к передаче важного сообщения выполняет звуковая, световая сигнализация.

Рабочие и служащие предприятия обеспечены средствами индивидуальной защиты, спецодежды и спец.обувью.

Для защиты работающих на предприятии от опасных, вредных, производственных факторов в соответствии с профессией и на основании типовых отраслевых норм бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты работникам, в производстве азотных удобрений, выдается с учетом роста, размера и пола работника спецодежда, спец.обувь и другие средства индивидуальной защиты и предохранительные приспособления.

Для защиты головы работающего от механических повреждений, влаги, электрического тока выдаются защитные каски, гарантийный срок эксплуатации которых установлен не более двух лет. В холодное время года защитные каски должны применяться совместно с утепляющим подшлемником.

Для защиты органов зрения от производственных вредностей выдаются защитные очки в зависимости от требований безопасности по выполняемой работе:

- для защиты глаз от ветра, пыли, твердых частиц служат очки защитные ЗП1-80, ЗП2-80 и другие аналогичные;

- для защиты глаз от слепящих яркостей света, ультрафиолетового, инфракрасного излучений и от их сочетания с воздействием твердых частиц и брызг расплавленного металла для газосварщиков и вспомогательных

рабочих очки ЗНД 2В, ЗНРБ-64-80, ЗНРЗ-70и другие со светофильтрами, и для электросварщиков щитки защитные со светофильтрами.

Для защиты органов слуха от производственного шума, когда техническими и другими мерами не удастся снизить уровень шума, должны применяться индивидуальные средства защиты: противно шумные беруши, заполняющие наружный слуховой канал или ушную раковину, противно шумные наушники, шлемы, закрывающие часть головы и ушные раковины.

Для защиты органов дыхания от пыли, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственных процессов, применяются противопылевые респираторы, обеспечивающие защиту от высоко или среднedisперсных аэрозолей (радиус частиц до 1мкм), при концентрациях, превышающих предельно допустимую - до 200 раз.

На случай возникновения аварийной ситуации работники реагентного отделения для защиты органов дыхания обеспечиваются персональными фильтрующими противогазами марки А, В.

При работах в условиях недостатка кислорода в окружающем воздухе, в закрытых сосудах, емкостях, колодцах и т.д. для защиты органов дыхания должны применяться шланговые противогазы марок ПШ-1, ПШ-2.

Для обеспечения безопасности при работе на высоте 1,3 м и выше, в колодцах, прямках, бункерах и т.д. должны применяться предохранительные, спасательные пояса и страховочные канаты (пояс предохранительный для монтажников ТУ 36-2103-82, пояс спасательный , канаты страховочные по ГОСТ 12.4.107-82).

Для защиты электротехнического персонала, обслуживающего электроустановки обогатительной фабрики напряжением до и выше 1000 В, должны применяться защитные средства в соответствии с «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках».

# **ОХРАНА ТРУДА**

## 14. ОХРАНА ТРУДА

Охрана труда в широком смысле слова – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себе правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Охрана труда как институт трудового право – это совокупность норм, направленных на обеспечение условий труда, безопасных для жизни и здоровья работников. Как правовой институт охрана труда включает в себя нормы, устанавливающие права и обязанности работников и работодателей по вопросам безопасности и гигиены труда, а также конкретизирующие их с помощью правил и инструкций по охране труда; специальные нормы о компенсациях для лиц, работающих в тяжелых, вредных или опасных условиях; нормы об охране труда женщин, не совершеннолетних работников, лиц с пониженной трудоспособностью; нормы регулирующие организацию работы по охране труда; правила расследования и учёта несчастных случаев. Предприятие «Стекольный завод» находится в Навоийской области.

На предприятии «Стекольный завод» согласно СН-245-71 СНИП 2.01.03.96 относится к первому классу помещений по вредности, при этом предусмотренная санитарно-защитная зона составляет 1000м. Предприятие расположено с подветренной стороны к ближайшему населённому пункту, что способствует рассеиванию вредных выбросов и исключает попадание их в жилой район.

- На предприятии «Стекольный завод» в качестве горючего вещества в печах для варки стекла применяют природный газ. Производство основана на получение стекольных мозаичных плит из местного сырья. Основными отходами производства являются,  $\text{g/m}^3$ :

Двуокись углерода  $\text{CO}_2$  – бесцветный газ, обладает наркотическим, а также удушающим действием от недостатка кислорода.

Диоксид азота  $\text{NO}_2$  – ядовитый газ, красно-бурого цвета, с характерным острым запахом.

Серный ангидрид  $\text{SO}_3$  -высший оксид серы, легколетучая бесцветная жидкость с удушающим запахом.

Оповещение и ликвидация последствий аварий и катастроф природного и техногенного характера осуществляется согласно плана ГЗ и плана основных мероприятий предприятия «Стекольный завод».

Строгое соблюдение инструкций по приготовлению растворов реагентов и правил промсанитарии исключает случаи отравлений, ожогов, профзаболеваний.

На предприятии «Стекольный завод» спроектировано согласно СНиП 2.01.-83 с учётом «розыветров», во избежание попадания нежелательных выбросов на территорию жилого массива предприятие расположено с подветренной стороны относительно жилого района.

На предприятии «Стекольный завод» разработаны и изложены меры безопасности при эксплуатации согласно ГОСТ 12.003-91 и СНиП 3-05-05-98.

Агрегаты, аппараты и другое оборудование расположены таким образом, что к ним обеспечен свободный доступ, также производится их систематический очистка и мытьё.

Большое значение предприятия «Стекольный завод» имеет защита рабочих и служащих от негативного воздействия шума и вибрации. Согласно САНПиН 01.20-01и САНПиН 01.21-01 для исключения отрицательного влияния на окружающую среду шумов и вибрацией предусмотрены мероприятия направленные на шумоподавление и виброизоляции;

- правильная эксплуатация оборудование, своевременно его осведительсвование и проведение профилактических ремонтов;
- своевременная смазка вращающихся частей машин механизмов;
- применение средства индивидуальной защиты от шума и вибрации;



- применение выброгасящих устройств и покрытий невибрирующих коммуникацией;

- ликвидация о ослабление шума непосредственно в источнике образований.

Во всех производственных и подсобных помещениях предприятия «Стекольный завод» приняты меры к максимальному использованию естественного освещение. Световые проёмы не загромождаются производственным оборудованием, готовыми изделиями, сырьём и т.п. как внутри, так вне здания.

Естественное освещение производственных помещений отвечает требованием строительных норм и правил СНиП 2-01-05-98, СНиП 2-4-79. Остекленная поверхность световых проёмов (окон, фонарей т.п.) очищается от пыли и копоти по мере загрязнения, но не реже один раз в квартал.

Искусственное освещение в цехах является комбинированным и соответствует действующим строительным нормам и правилам. Осветительные приборы и арматура содержатся в чистоте и протирается по мере надобности, но не реже один раз в неделю. Светильники местного освещения имеют конструкцию и расположения, обеспечивающие отсутствие прямых и отраженных бликов. Применение переносных ламп и расположение светильников непосредственно под открытым оборудованием не допускается.

Помещения предприятия «Стекольный завод» обеспечены механической и естественной приточно-вытяжной вентиляцией в соответствии с действующими строительными нормами и правилами. Для правильного проведения аэрации производственных зданий составлены подробные инструкции, учитывающие метеорологические условия в различные периоды года и направления ветров.

Также предусмотрены установки для кондиционирования сырья в помещения в течение 12 часов.

Вентиляционные установки не создают шума, превышающего допустимые нормы.

В холодные и переходные периоды года на предприятии «Стекольный завод» предусмотрено центральное отопление.

С повышением уровня механизации и автоматизации процессов на предприятии «Стекольный завод» расширяются профилактические мероприятия против поражения обслуживающего персонала электрическим током.

Защита от поражения электрическим током включает комплекс специальных мероприятий, осуществляемых при монтаже и периодически проводимых при ремонте оборудования. Основными из них является правильная установка электрооборудование, и надёжное заземление всего стационарного технологического, транспортного и энергетического оборудования, а также металлических площадок и конструкций. Для заземления к оборудованию и конструкциям приваривают металлический шины, по которым отводится в землю электрический ток, случайно попавший или возникшей в оборудовании.

При всех условиях защита от поражений электрическим током предусматривает правильную эксплуатацию электрооборудования в соответствии со специальными инструкциями, разрабатываемыми для каждого рабочего места.

Персонал предприятие на предприятии «Стекольный завод» обеспечен средствами индивидуальной защиты, спецодеждой и спец.обувью.

Для защиты работающих на предприятии «Стекольный завод» от опасных, вредных, производственных факторов в соответствии с профессией и на основании типовых отраслевых норм бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты работникам, занятым в производстве азотных удобрений, выдается с учетом роста, размера и пола работника спецодежда, спец.обувь и другие средства индивидуальной защиты и предохранительные приспособления.

Для защиты головы работающего от механических повреждений, влаги, электрического тока выдаются защитные каски, гарантийный срок эксплуатации которых установлен не более двух лет. В холодное время года защитные каски должны применяться совместно с утепляющим подшлемником.

Для защиты органов зрения от производственных вредностей выдаются защитные очки в зависимости от требований безопасности по выполняемой работе:

- для защиты глаз от ветра, пыли, твердых частиц служат очки защитные ЗП1-80, ЗП2-80 и другие аналогичные;

- для защиты глаз от слепящих яркостей света, ультрафиолетового, инфракрасного излучений и от их сочетания с воздействием твердых частиц и брызг расплавленного металла для газосварщиков и вспомогательных рабочих очки ЗНД 2В, ЗНРБ-64-80, ЗНРЗ-70и другие со светофильтрами, и для электросварщиков щитки защитные со светофильтрами.

Для защиты органов слуха от производственного шума, когда техническими и другими мерами не удастся снизить уровень шума, должны применяться индивидуальные средства защиты: противно шумные беруши, заполняющие наружный слуховой канал или ушную раковину, противно шумные наушники, шлемы, закрывающие часть головы и ушные раковины.

Для защиты органов дыхания от пыли, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственных процессов, применяются противопылевые респираторы, обеспечивающие защиту от высоко или среднедисперсных аэрозолей (радиус частиц до 1мкм), при концентрациях, превышающих предельно допустимую - до 200 раз.

На случай возникновения аварийной ситуации работники реагентного отделения для защиты органов дыхания обеспечиваются персональными фильтрующими противогазами марки А, В.

При работах в условиях недостатка кислорода в окружающем воздухе, в закрытых сосудах, емкостях, колодцах и т.д. для защиты органов дыхания должны применяться шланговые противогазы марок ПШ-1, ПШ-2.

Для обеспечения безопасности при работе на высоте 1,3 м и выше, в колодцах, приямках, бункерах и т.д. должны применяться предохранительные, спасательные пояса и страховочные канаты (пояс предохранительный для монтажников ТУ 36-2103-82, пояс спасательный, канаты страховочные по ГОСТ 12.4.107-82).

Для защиты электротехнического персонала, обслуживающего электроустановки обогатительной фабрики напряжением до и выше 1000 В, должны применяться защитные средства в соответствии с «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках».

На территории предприятия «Стекольный завод» расположены санитарно-бытовые комнаты согласно СНиП 2.05-12-91. Сюда относятся помещения для отдыха, обезвреживания одежды, медицинский пункт, столовая, уборные, душевые, места для курения.

Согласно СНиП -2.01.02-85 предприятия «Стекольный завод» по пожаро-взрывоопасности относится к категории «В» .

Предприятия «Стекольный завод» по пожароопасности относится к классу П-2а, по взрывоопасности относится к классу В-2а.

Согласно СНиП 2.09.02-85 Предприятия «Стекольный завод» построен из негорючих и трудно сгораемых материалов таких как огнеупорной кирпич, стальные арматуры железобетонных конструкций и т.д.

Согласно нормам и правилам Предприятия «Стекольный завод» относится к I степени огнестойкости.

При проектировании и строительстве Предприятия «Стекольный завод» согласно СНиП 2.090.4.-87, СНиП2.090.2-85 и СНиП 2.02.12-98 были предусмотрены эвакуационные пути и выходы на случай возникновения и

здания пожара или аварии. Эвакуационные пути обеспечивают безопасность движения людей по ним за минимальное количество времени.

Согласно СНиП-2.04.02-85 на предприятии «Стекольный завод» предусмотрено противопожарное водоснабжение, применяемое для ликвидации пожаров на предприятии. Цеха завода за исключением электрощитовой обеспечиваются противопожарным водопроводом с установкой на нём пожарных гидрантов, доступ к которым всегда открыт пожарные краны во всех помещениях оборудованы стволами и рукавами, заключенными в шкафчики. Шкафчики закрыты и опломбированы. Дверцы шкафчиков легко открывается.

Производственные и подсобные помещения предприятия «Стекольный завод» снабжены первичными средствами пожаротушения. Противопожарный инвентарь размещается на территории предприятия на отведённых и подготовленных для этой цели местах с учетом пожарной опасности производства в строго установленном количестве. В помещениях цехов установлены ящики с сухим просеянным песком. При ящике с песком находится лопата. Используемые на предприятии «Стекольный завод» огнетушители: ОХП-10, ОУ-2.

С целью своевременного оповещения о возникновении ЧС (пожара) на предприятии «Стекольный завод» согласно СНиП 2.04-09-84 и ГОСТ 12.002-89 в производственных помещениях предусмотрена сигнализация, телефонная связь. Также в цеху установлены тепловые извещатели, которые срабатывают на повышение температуры окружающей среды, типа АТП-3.

Общественный пожарный надзор на Предприятии «Стекольный завод» возложен на добровольную пожарную дружину (ДПД) состоящую из числа рабочих и ИТР. Они занимаются разработкой плана эвакуации при пожаре, разработкой инструкции регламентирующего действия административно-технического и обслуживающего персонала на случай пожара.

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

## 15. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Автоматизация процессов стекловарения имеет большое значение для увеличения производительности и эффективности стекловаренной печи. Повышение уровня автоматизации стекловарения позволит повысить эффективность ее работы, уменьшить время, повысить надежность системы, предупредить выход из строя технологического оборудования, позволит в случае выхода из строя какого-либо компонента системы избежать повреждения остальных ее компонентов, снизить производственные затраты путем снижения расхода электроэнергии.

Автоматизация технологического процесса стекловарения является сложной проблемой. Основной технологический агрегат стекольного производства – ванная стекловаренная регенеративная печь с поперечным направлением пламени представляет собой многозвенный объект с распределенными параметрами, значительной инерционностью и свойствами самовыравнивания, подверженный случайным и детерминированным возмущениям, воздействующим как на входные, так и выходные параметры.

Основной задачей при автоматизации контроля и управления тепловым режимом стекловаренной печи является стабилизация основных технологических параметров стекловарения с целью получения стекломассы заданного качества и количества. Исходя из этого, в соответствии с технологическими признаками задачу контроля и управления комплексом мероприятий по стекловарению можно решить регулируя уровень стекломассы, расход газа по горелкам, давления в пламенном пространстве печи, соотношения газ-воздух.

Основной особенностью процесса стекловарения в промышленных стекловаренных печах является необходимость плавления больших объёмов шихты за относительно короткий период времени.

***Регулируемые и контролируемые параметры:***

- регулирование уровня стекломассы;
- регулирование и контролирование температуры варочной части печи;
- регулирование давления в пламенном пространстве варочного бассейна;
- регулирование соотношения топливо-воздух;
- контролирование температуры верха и низа регенераторов, отходящих газов, разрежения в дымовом канале, дополнительных точек контроля;
- автоматический перевод направления пламени с отдельным программируемым временем по сторонам печи.

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.

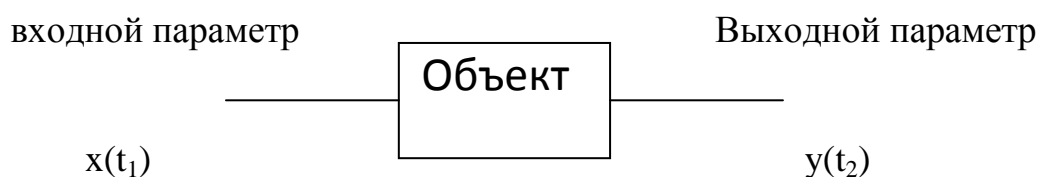


Рис 1.

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:  $t_{\max} = 1490\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\min} = 1480\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{cp}} = 1485\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тогда пределы изменения температуры будет равно  $\Delta t = t_{\max} - t_{\text{cp}}$  или  $t_{\max} - t_{\min}$ .

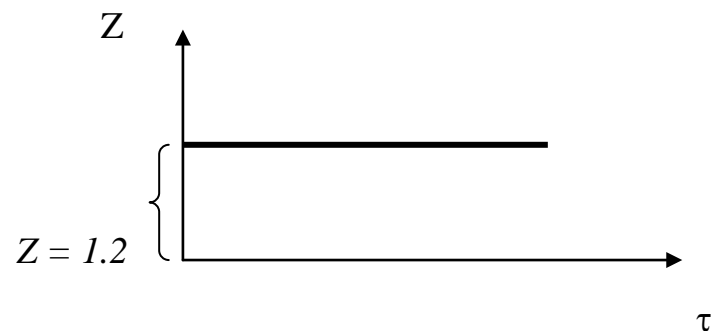
$$\Delta t = t_{\max} - t_{\text{cp}} = 1490 - 1485 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

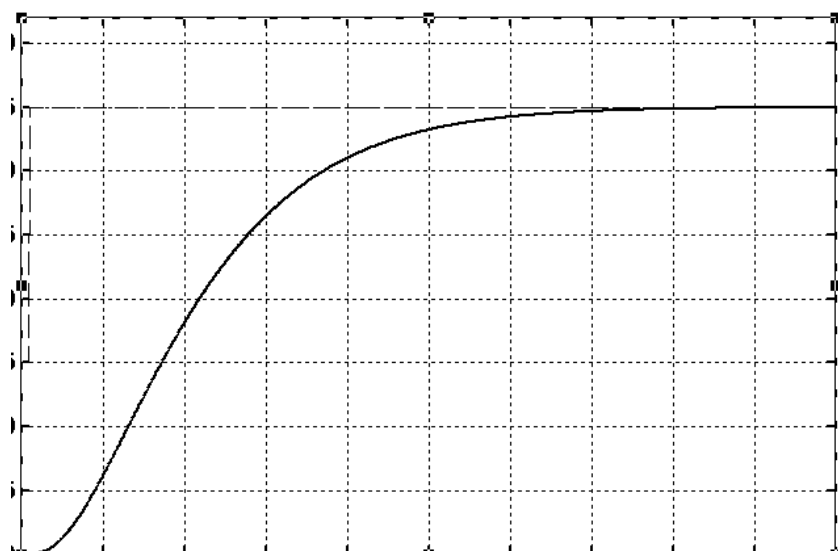
Для получения математической модели процесса по линии управляющего параметра даем возмущения, то есть увеличиваем параметр входной величины (до max) . В промышленности задаваемое на технологический объект самое сильное возмущающее воздействие может изменить входную величину на 20%, поэтому коэффициент 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



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.

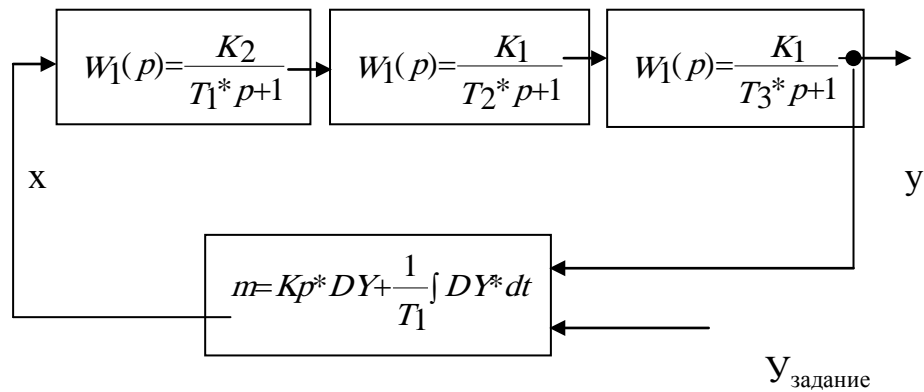
В рассматриваемом объекте самое большое безразмерное значение выходного параметра  $Y_{\max}=1$ , а внешнее возмущение на объект составляет  $Z=0,8$ . Тогда коэффициент усиления объекта составляет

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

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).

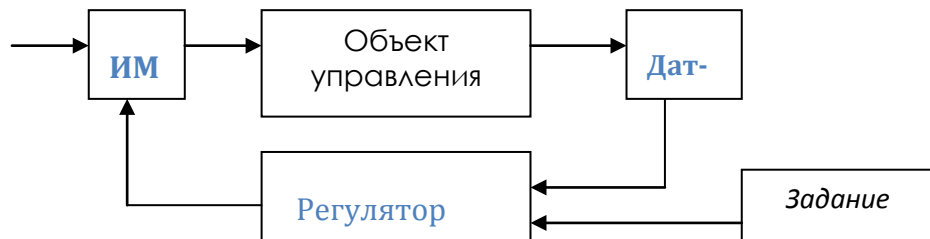
Учитывая последовательность соединения всех емкостей, коэффициент усиления всего объекта будет равно  $K = K_1 * K_2 * K_3$ . Здесь  $K_1, K_2, K_3$  - коэффициент усиления соответствующих емкостей. Значит,

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



**Рис 4. Компьютерная модель трехемкостного объекта**

Выбор оптимальной системы управления осуществляется по схеме представленной на рис.



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

### **Расчет параметров настройки регулятора и переходных процессов.**

#### **Выбор передаточной функции объекта.**

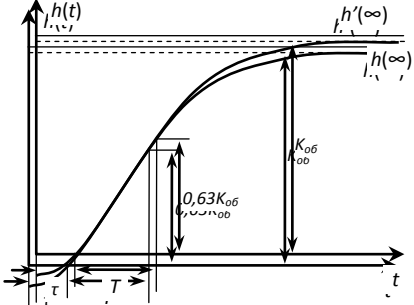
На последующих стадиях обработки результатов эксперимента производят *выбор передаточной функции, необходимой для аппроксимации экспериментальных функций* с помощью типовых элементарных звеньев. Предварительный выбор передаточной функции можно сделать по начальному участку переходной функции.

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 3

Аппроксимирующая передаточная функция и переходная функция	Параметры	Определение динамических параметров
$W_{an} = \frac{k_{об}}{Tp + 1} e^{-p\tau_{об}};$ $h_p(t) = k_{об} \left( 1 - e^{-\frac{t-\tau_{об}}{T_{об}}} \right)$	$k_{об}, T_{об}, \tau_{об}$	 <p>На графике показана переходная функция <math>h(t)</math> в зависимости от времени <math>t</math>. Кривая начинается с нуля, имеет запаздывание <math>\tau</math> (время, когда функция еще равна нулю), затем поднимается асимптотически к значению <math>h(\infty)</math>. Тангенс к кривой в начале ее подъема (в точке <math>t = \tau</math>) определяет значение <math>h'(\infty)</math>. Вертикальное расстояние от <math>h(0)</math> до <math>h(\infty)</math> обозначено как <math>K_{об}</math>. Горизонтальное расстояние от <math>t = \tau</math> до точки, где кривая пересекает горизонтальную линию на уровне <math>0,63 K_{об}</math>, обозначено как <math>T_{об}</math>.</p>

При определении динамических параметров объекта с самовыравниванием 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 самовыравнивания, 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).

$$K_{об} = 0,8; \quad T_{об} = 3,1; \quad \tau_{об} = 0,2.$$

Точность такой аппроксимации можно оценить по разности экспериментального значения переходной функции в этой точке  $h_{\varepsilon}(T)$  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  $h_p$  (табл.4), в соответствии с передаточной функцией и вычисляется при различных значениях  $t$  по формуле, приведённой в табл. 3.

Таблица 4

№, изм.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T, мин	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Расчётная переходная функция	- 0,080	0,042	0,145	0,234	0,310	0,375	0,431	0,479	0,519	0,554	0,584	0,609	0,631	0,650	0,666

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:

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

где  $h_p(t)$  - расчётное значение переходной функции в момент времени  $t$ ,  
 $h_{\gamma}(t)$  - экспериментальное значение переходной функции в момент времени  $t$ ,  
 $h(\infty)$  - установившееся экспериментальное значение переходной функции в конце эксперимента.

№, изм.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T, мин	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Погрешность %	9,9	-4,1	-3,1	-7,2	-10,8	-11,9	-8,8	-6,8	-4,9	-6,2	-6,9	-7,1	-5,8	-4,2	-3,2

Во всех случаях погрешность не превышает 15%. А это означает, что её можно эффективно использовать.

#### **Расчет параметров настройки регулятора и переходных процессов.**

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

Для расчета параметров ПИ регулятора кроме номограмм можно также использовать аналитические формулы (табл.5).

Таблица 5

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

Используя приведённые в табл.5 формулы и на основе вычисленных параметров объекта, получим:

– для апериодического переходного процесса;

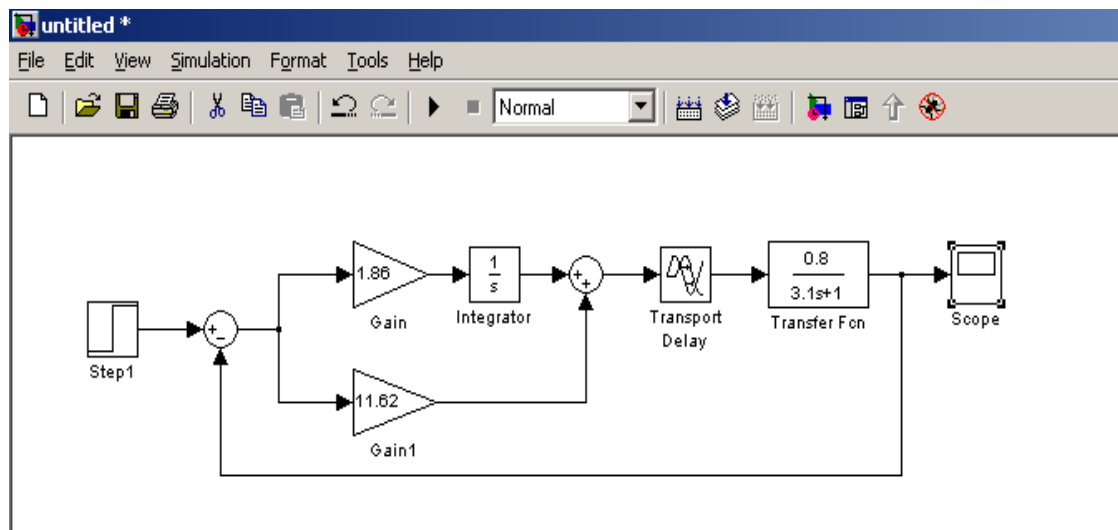
$$K_p = \frac{0,6T}{K_{ia} \tau} = \frac{0,6 \cdot 3,1}{0,8 \cdot 0,2} = \frac{1,86}{0,16} = 11,62;$$

$$T_E = 0,6 \cdot 3,1 = 1,86 \text{ мин.}$$

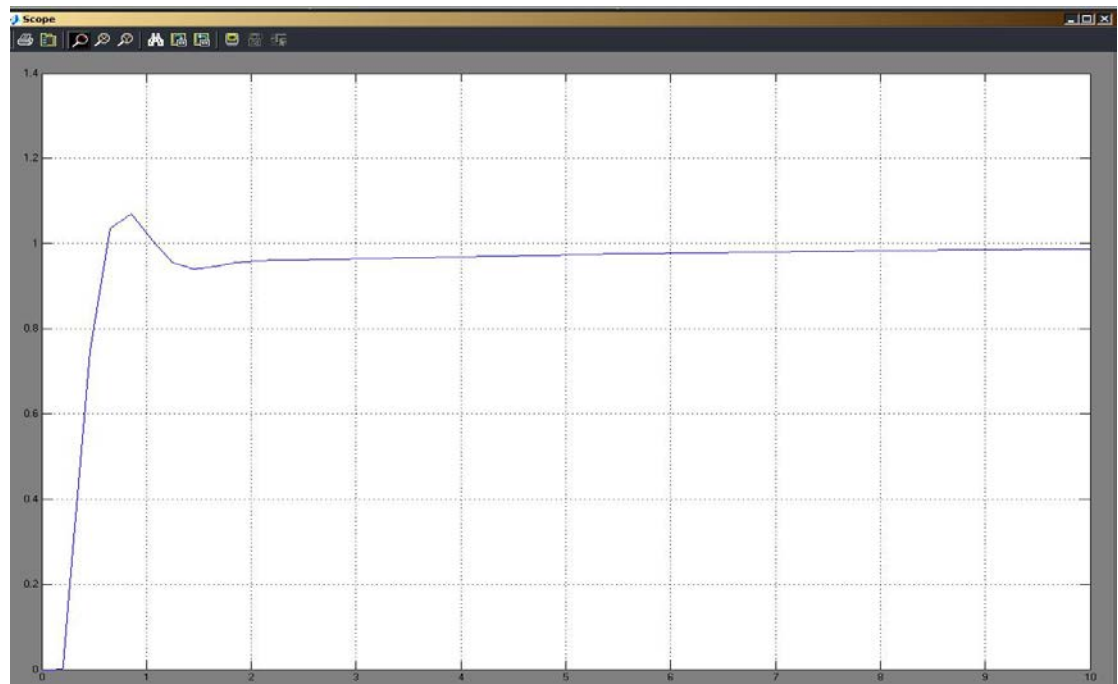
– для минимальной интегральной квадратичной оценки.

$$K_p = \frac{1,0T}{K_{ia} \tau} = \frac{1,0 \cdot 3,1}{0,8 \cdot 0,2} = \frac{3,1}{0,16} = 19,37;$$

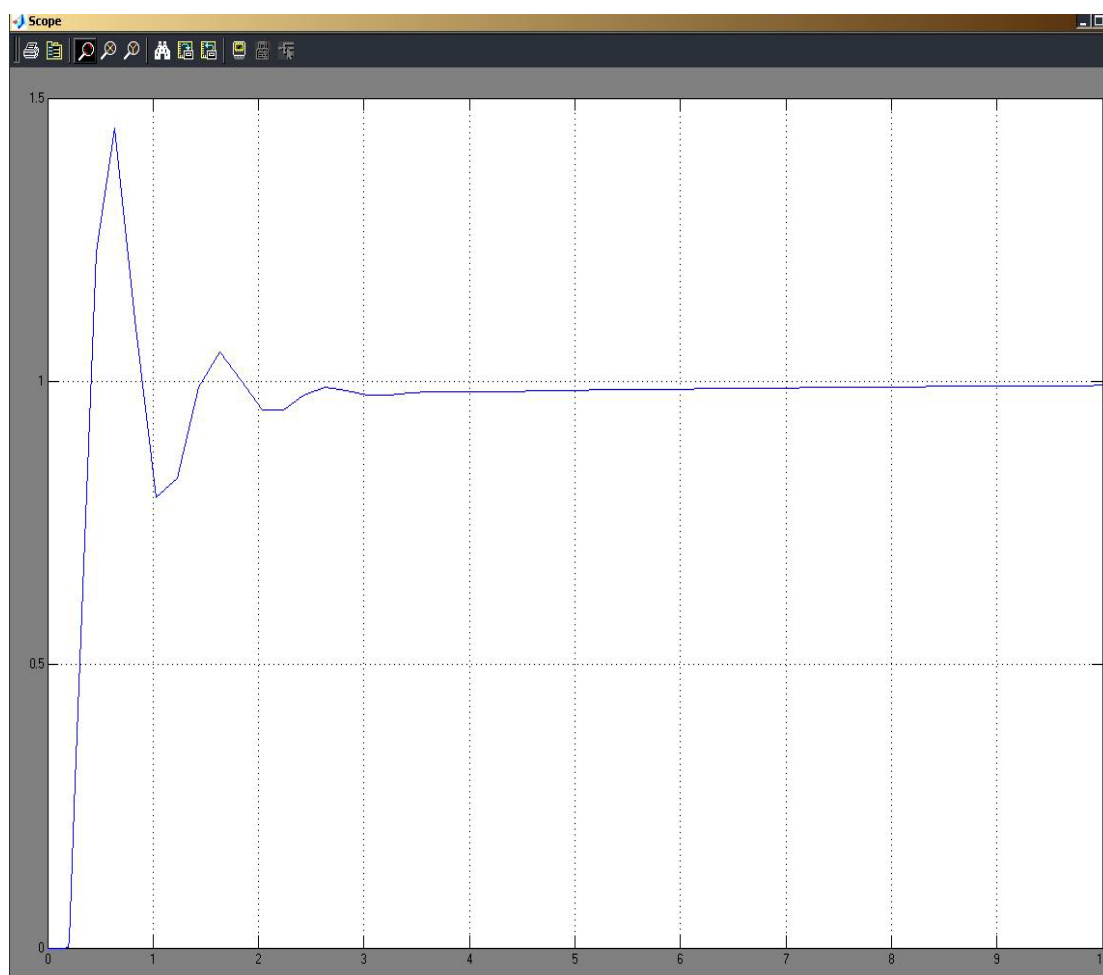
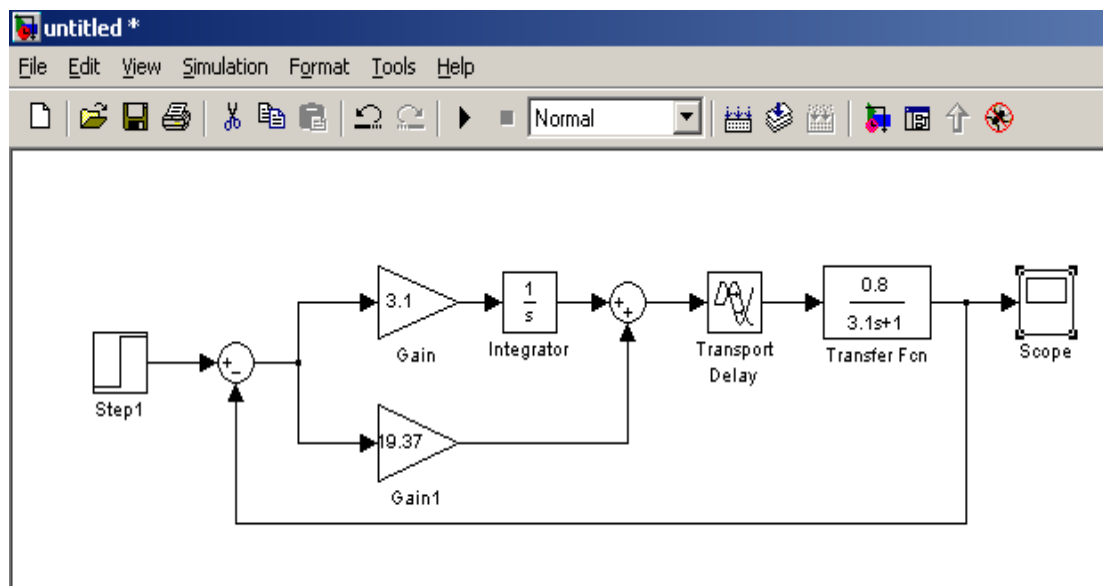
$$T_E = T = 3,1 \text{ мин.}$$



+



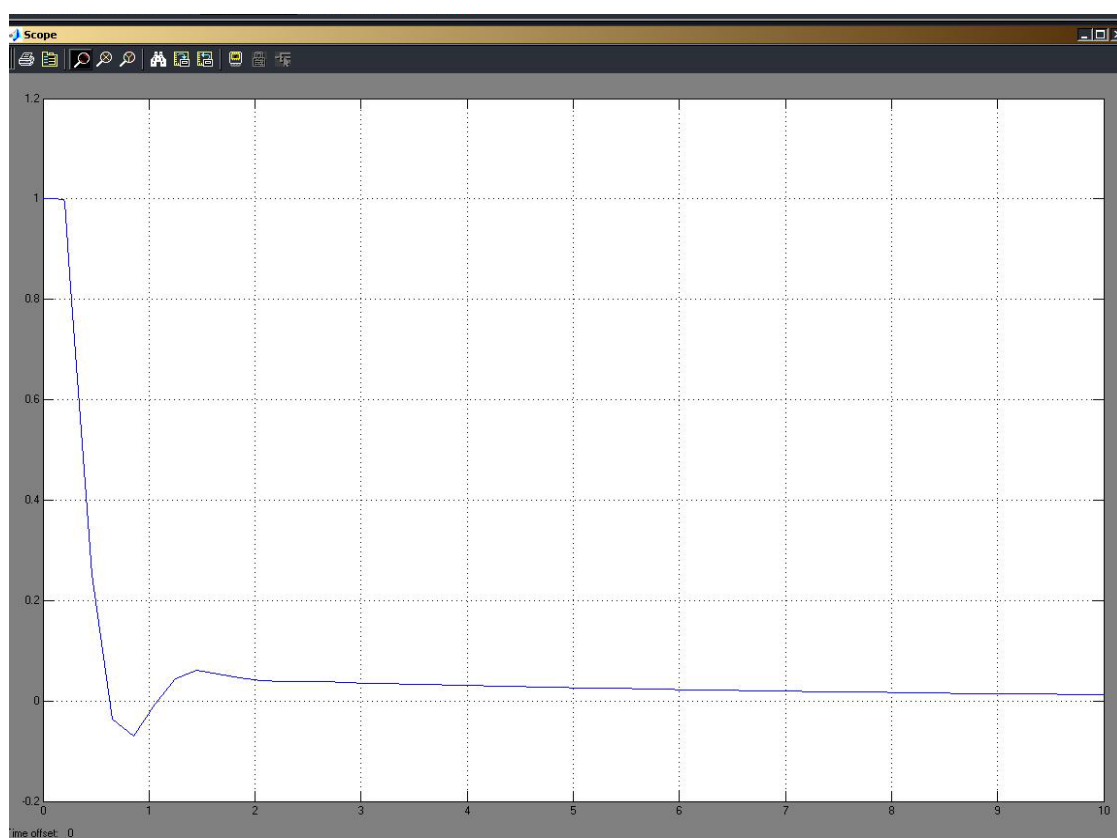
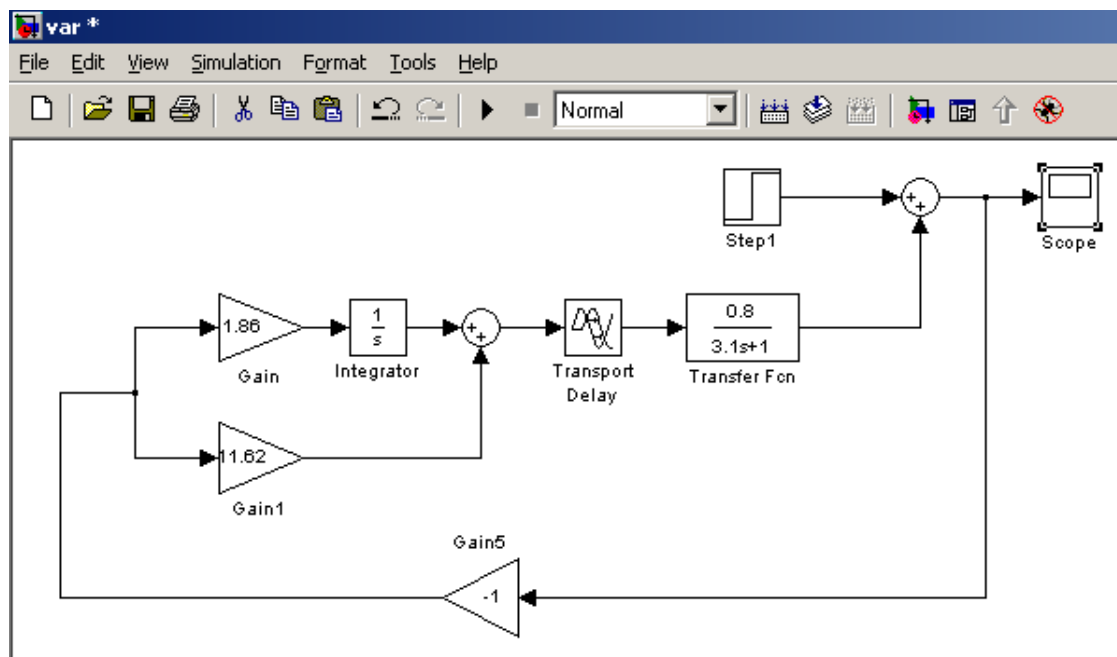
**Рис.5. Переходной процесс по заданию (апериодический переходной процесс)**



*Рис.6. Переходной процесс по заданию (при  $\min f$ )*



**Рис.7. Переходной процесс при возмущающих воздействиях на систему (апериодический переходной процесс)**



В качестве входных параметров объекта регулирования могут быть приняты: расход газа по горелкам, расход воздуха на горение, химический состав шихты, давление в печи, а также ряд дополнительных факторов.

В качестве выходных параметров могут быть приняты: объем отбираемой из печи стекломассы, ее выработочная характеристика – вязкость, зависящая от химического состава и температуры расплава стекломассы.

Автоматическое регулирование температуры стекломассы равной 1455-1445°C, осуществляется путем управления подачи газа на горелки. Управляющий сигнал вырабатывается в результате обработки данных, поступающих от датчиков: температуры и расхода газа, на исполнительный механизм, управляющий заслонкой подающий газ на горелки. Автоматическая система регулирования температуры должна обеспечивать заданную точность регулирования, обладать высокой надежностью, помехозащищенностью, снизить расход теплоносителя и обеспечить получение стекломассы заданного качества изготавливаемой продукции.

Автоматическая система регулирования расхода газа, объектом регулирования здесь является участок трубопровода между датчиком расхода (1а) и регулирующим клапаном. Инерционность этого объекта очень мала, и его с точки зрения автоматизации можно считать усилительным звеном. В целом динамическая характеристика будет определяться только динамическими свойствами датчика расхода и регулирующего органа. Возмущающим воздействием является интенсивность потока.

В автоматической системе регулирования сигнал от датчика расхода (1а) поступает на показывающий самопишущий регулятор. Регулирующее воздействие через панель дистанционного управления (1в) изменяется посредством мембранного исполнительного механизма (1г) положение регулирующего клапана. Байпасная панель (1в) позволяет переходить с автоматического управления на ручное и обратно. Применение пропорционально – интегрального закона регулирования обеспечивает

астатический процесс регулирования, т.е. процесс без остаточного отклонения.

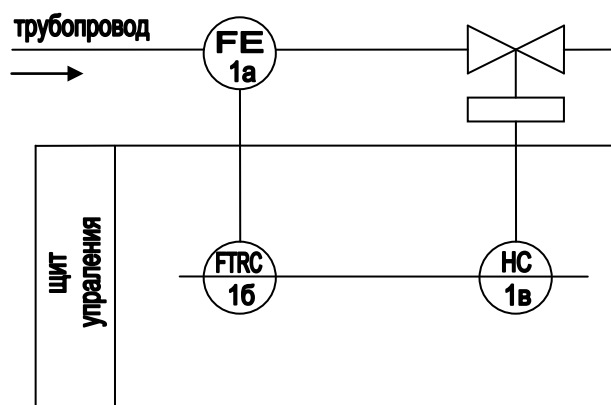


рис.5

От задатчика температуры вычитается сигнал с выхода релейного элемента и усиливается эта разность, которая поступает на второй вход сумматора, с выхода которого сигнал суммы, поступает на переключатель, который в промежутки времени от 12 до 12 мин - пропускает сигнал с выхода сумматора на блок памяти.

С последнего сигнал поступает на дополнительный вход регулятора. При этом регулятор вырабатывает сигнал на включение исполнительного механизма, поворачивающего регулирующий орган в сторону его открывания до тех пор, пока сигнал с датчика не увеличится относительно заданного задатчиком и расход газа в горелку увеличится. Этот расход поддерживается с начала перевода пламени.

Кроме того, в блоке памяти запоминается сигнал термокамеры. После чего срабатывает релейный элемент, через который проходит импульсный сигнал с термокамеры, изменение которого вычитается сигнал с блока памяти, усиливается его разность. Указанные операции вычитания и усиления производятся в сумматоре-усилителе, сигнал выхода которого сигнал поступает на первый вход сумматора.

Одновременно в сумматоре-усилителе происходит вычитание сигналов – от сигнала с задатчика вычитается сигнал с выхода релейного элемента, усиливается эта разность и поступает на второй вход сумматора, с

выхода которого сигнал суммы, поступает на переключение канала, который в промежуток времени от 26 до 26 мин 1 с пропускает сигнал с выхода сумматора на блок памяти, с которого сигнал поступает на дополнительный вход регулятор. Последний вырабатывает сигнал на включение исполнительного механизма, поворачивающего регулирующий орган в сторону его открывания до тех пор, пока сигнал с датчика не увеличится. Этот расход газа поддерживается до 12 мин после начала следующего перевода пламени. Последующее регулирование расхода газа осуществляется аналогичным образом.

Измерение температуры производится термопарой типа ТХК, сигнал поступает на блок преобразования сигнала термопар БПТ-22, где сигнал преобразуется и поступает на вход микроконтроллера АТ89С2051. На вход микроконтроллера также поступает сигнал с расходомера Метран-335, который определяет количество природного газа поступающего в ГВК. Исполнительным устройством данной системы является электромагнитный клапан ВН6М-1К, который регулирует подачу природного газа в ГВК.

# **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

## 16. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Производственная программа – выпуск продукции в натуральном выражении и стоимостном измерении.

Таблица 1

№	Наименование продуктов	Ед.изм.	Цена единицы сум	Годовой выпуск	
				В натуральном выражении	В стоимостном выражении Тыс.сум
1	2	3	4	5	6
1	Мозаичная плитка (стеклянная)	m	1024823	9900	10145748
	Итого:	m	1024823	9900	10145748

### Пояснение к таблице 1

гр.2. содержит наименование продуктов в соответствии с темой выпускной работы. Если несколько видов продукции, то следует указать, какой из продуктов подлежит калькулированию.

гр.3. единица измерения продуктов в натуральном выражении (т, м<sup>2</sup>, in и т.д.)

гр.4. цены указанные в гр.2, уточняются при прохождении практики, т.е. это действующие цены, они необходимы для сопоставления с расчётными по аналогичным продуктам.

гр.5. годовой выпуск продукции указываются в соответствии с темой выпускной работы, при этом: если в задании дана производительность за смену, необходимо число смен за год умножить на сменную производительность. Для этого необходимо знать годовой фонд рабочего

времени и число смен в сутки. Если в задании указана производительность за сутки, то годовой выпуск определяется умножением суточной производительности на число рабочих дней в году.

гр.6. определяется умножением гр.4 на гр.5.

**К производственным материальным затратам относятся:**

1. Приобретаемые со стороны сырьё и материалы, которые входят в со вырабатываемой продукции, образуя её основу, или является необходимым компонентом при изготовлении продукции.

2. Покупные материалы, используемые в процессе производства продукты для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемые на другие производственные нужды или запасные части для ремонта оборудования.

3. Покупные, комплектующие изделия и полуфабрикаты подвергающие дальнейшему монтажу или дополнительной обработке на данном предприятии.

4. Приобретаемые со стороны топливо всех видов расходуемое в технологических целях, выработку всех видов энергии, отопление зданий, транспортные работы по обслуживанию производства, выполняемые транспортом хозяйствующих субъектов.

5. Поручная энергия всех видов, расходуемая на технологические транспортные и другие производственные и хозяйственные нужды.

6. Затраты на приобретение тары и упаковки, полученной от поставщика материальных ресурсов.

**Расчёт прямых и косвенных материальных затрат, включаемых и  
себестоимость продукции**

Таблица 2

№ п/п	Наименование материальных ресурсов	Ед.изм	Цена за ед. изм. Сум	Норма расхода		Стоимость	
				На ед. прод.	На годов. выпуск	На ед. прод.	На годов.вып уск
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Песок	т	265000	0,787	7791	208555	2064694
2	Поташ	т	2720000	0,003	30	8160	80784
	Глинозём	т	2600000	0,059	58,4	153400	1518660
3	Мел	т	500000	0,083	821,7	41500	410850
4	Барий углекислый	т	1700000	0,025	247,5	42500	420750
5	Нитрат натрия	т	100000	0,145	1435,5	145000	1435500
6	Итого 3+4+5						
7	Электроэнергия	Т.КВт	191000	0,2258	2235,4	43128	426967
8	Пар						
9	Вода						
10	Сжатый воздух						
11	Газ	Т.м <sup>3</sup>	246000	0,22	2178	54120	535788
12	Холод						
13	Итого 8-13					696363	6893994



Калькуляция себестоимости единицы продукции производства  
стеклянной мозаичной плитки.

Годовой выпуск 9900 т. мозаичной плитки.

Калькулируемая единица продукции 1-тонна

Таблица 3.

№ п/п	Наименование статей затрат	В пересчёте	
		На единицу продукции	На годовой объём т.сум
1	2	3	4
1	Прямые затраты на материалы	696363	6893994
2	Прямые затраты на труд с отчислениями на социальное страхование, всего и в т.ч.  Основная и дополнительная зарплата производственных рабочих	20374  16700  3674	201703  165330  36373
3	Транспортные затраты	13520	133848
4	Прочие прямые и косвенные затраты, включая накладные расходы производственного назначения в т.ч.  Амортизация основных фондов и нематериальных активов производственного назначения.	14010  18250	138699  180675
5	Итого производственная себестоимость	762517	
6	Расходы периода	91502	
7	Общие затраты	854019	8454788

8	Прибыль (расчетная)	170804	1690960
9	Рентабельность в %	20	
10	Оптовой отпускной цене без НДС	1024823	10145748
11	Договорная (свободная) оптовая (отпускная) цена с НДС	1229788	12174901

### **Пояснение к таблице 3**

П.1. – данные таблицы 2 (итог)

П.2. – зарплата основных производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование – 33,0% из штатного расписания конкретного предприятия.

П.3. – транспортные затраты – 10 % от стоимости сырья, материалов, если они привозные.

П.4. – зарплата вспомогательных рабочих цехового персонала, содержание, эксплуатация, ремонт, амортизация зданий и оборудования, прочие затраты из заводской калькуляции на аналогичную продукцию.

П.5. – итог 1-4

П.6. – из калькуляции предприятия на аналогичную продукцию

П.7. – сумма п.5.+п.6.

П.8.9. – необходимая рентабельность продукции по данным предприятия из калькуляции.

П.10. – гр.5+гр.8.

П.11. – гр.Юх 1.20 (НДС – 20%)

Рентабельность определяется по формуле:

$$P = \frac{П}{С} * 100\%$$

П – прибыль, сумм

С – себестоимость продукции, сумм

**Основные технико-экономические показатели производства  
мозаичной плитки**

Таблица 4

№	Наименование показателей	Ед.изм.	Показатели проекта
1	Годовой выпуск продукции		
	а) в натуральном выражении	т	9900
	б) стоимость товарной продукции	тыс.сум	10145748
2	Себестоимость ед. продукции	Сум/тонн	854019
3	Себестоимость годового выпуска продукции	тыс.сум	8454788
4	Оптово – отпускная цена единицы продукции б/НДС	Сум/тонн	1024823
5	Необходимая прибыль	тыс.сум	1690960
6	Рентабельность продукции	%	20
7	З/плата рабочего за месяц	сум	1918000
8	З/плата цехового персонала за месяц	сум	1898000

### Список использованной литературы:

1. Постановление президента Республики Узбекистан 12.04.2017 г. N ПП-2884 «О мерах по совершенствованию структуры управления строительных заводов» [1];
2. Указ Президента Республики Узбекистан о стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан [3];
3. Будов В. М. Производство строительного и технического стекла: учеб. для сред. ПТУ / В. М. Будов, П. Д. Саркисов. – 2 - е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1985. - 215 с.: ил.[2];
4. Клиндт Л. Стекло в строительстве. Свойства. Применение. Расчеты / Л. Клиндт, В. Клейн. - Москва: Стройиздат, 1981. - 287 с. [4];
5. Панасюк В. И. Химический анализ стекла и сырьевых материалов / В. И. Панасюк. - Москва: Издательство литературы по строительству, 1971. - 280 с.[5];
6. Гулоян Ю. А. Основные технологические принципы и стекловарение / Ю. А. Гулоян // Стекло и керамика. - 2012. - N 5. - С. 16 – 21.[6];
7. Стекло: справочник / ред. Н. М. Павлушкин. - Москва: Стройиздат, 1973. - 487 с.[7];
8. Технология стекла : учебник / И. И. Китайгородский [и др.] ; ред. И. И. Китайгородский. – 3 - е изд., перераб. - Москва : Госстройиздат, 1961. - 623 с.[8];
9. Шaeффер Н. А. Технология стекла : пер. с нем. / Н. А. Шaeффер, К. Х. Хойзнер ; ред. Н. И. Минько. - Кишинев : СТИ-Print, 1998. - 280 с.[9];
10. Химическая технология стекла и ситаллов : учебник для вузов / ред. Н. М. Павлушкин. - Москва : Стройиздат, 1983. - 432 с.: ил.[10];
11. Клиндт Л. Стекло в строительстве. Свойства. Применение. Расчеты / Л. Клиндт, В. Клейн. - Москва : Стройиздат, 1981. - 287 с.[11];

12. Ванин В. И. Отжиг и закалка листового стекла / В. И. Ванин ; ред. А. И. Колбасникова. – 2 - е изд., доп. и перераб. - Москва : Стройиздат, 1965. - 116 с.: ил.[\[12\]](#);
13. Химическая технология стекла и ситаллов : учебник для вузов / ред. Н. М. Павлушкин. - Москва : Стройиздат, 1983. - 432 с.: ил. [\[13\]](#);
14. Левченко: Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: Расчёт природного газа.[\[14\]](#);
15. Левченко: Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: Аэродинамический расчёт.[\[15\]](#);
16. Кузнецов В. А. Стекловаренная печь : учеб. пособие для студентов направления бакалавриата 140100 - Теплоэнергетика и теплотехника профиля Энергетика теплотехнологии / В. А. Кузнецов ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд - во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. - 71 с. : рис., табл.[\[16\]](#);
17. Щебуняев Г. Ф. Охрана труда на заводах по производству листового стекла / Г. Ф. Щебуняев, А. Н. Кривенко. - Москва : Стройиздат, 1982. - 112 с. [\[17\]](#);
18. Шелюбский В. И. Новые экспрессные методы исследования и контроля стекла / В. И. Шелюбский. - Москва : Стройиздат, 1982. - 144 с.
19. Шелюбский В. И. Контроль однородности и постоянства состава стекла / В. И. Шелюбский. - Москва : Стройиздат, 1990. - 200 с.
20. Шаеффер Н. А. Технология стекла : пер. с нем. / Н. А. Шаеффер, К. Х. Хойзнер ; ред. Н. И. Минько. - Кишинев : СТИ-Print, 1998. - 280 с.
21. Химическая технология стекла и ситаллов : учебник для вузов / ред. Н. М. Павлушкин. - Москва : Стройиздат, 1983. - 432 с. : ил.
22. Стекло // Химическая энциклопедия. В 5 т. / ред. Н. С. Зефирова. - Москва : Большая Российская энциклопедия, 1995. - Т. 4 : Пол - Три. - С. 1027.