ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ

СТАНДАРТ

РОССИЙСКОЙ

ФЕДЕРАЦИИ

Проект

Справочник

Наилучшие доступные технологии в производстве стекла

Издание официальное

Москва

Стандартинформ

2015

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника установлены Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

1 Статус документа

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (далее справочник) является документом по стандартизации.

2 Информация о разработчиках

Справочник разработан Технической рабочей группой № 5 «Производство стекла», созданной приказом Росстандарта от 04.03.2015 г. № 246 на основе проекта, подготовленного ОАО «Институт стекла».

Перечень организаций и их представителей, принимавших участие в разработке справочника, приведен в разделе 7 «Заключительные положения и рекомендации».

Справочник представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (Бюро НДТ) www.burondt.ru .

3 Краткая характеристика

Справочник содержит описание применяемых при производстве стекла технологических процессов, оборудования, технических способов, методов испытаний и измерений, в т.ч. позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, ресурсосбережение. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов определены решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями (далее НДТ). Для НДТ в справочнике установлены соответствующие технологические показатели НДТ.

4 Взаимосвязь с международными, региональными аналогами

Справочник разработан на основе Справочника Европейского союза по наилучшим доступным технологиям *«Наилучшие доступные технические методы, относящиеся к производству стекла»* («Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass») с учетом особенностей производства стекла в Российской Федерации.

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве стекла в Российской Федерации была собрана в процессе разработки справочника в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от _____ г. № _____.

6 Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ

Взаимосвязь настоящего справочника с другими справочниками, разрабатываемыми в соответствии с Распоряжением правительства от 31.10.2014 № 2178-р, приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник утвержден приказом Росстандарта от _____ г. № _____.

Справочник введен в действие с момента его официального опубликования в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет www.gost.ru .

Оглавление

Предисловие 2
Область применения 11
1 Анализ текущего состояния стекольной промышленности 12
1.1 Структура промышленности 12
1.2 Сырьевые материалы и энергопотребление 13
1.3 Основные производители 20
1.3.1 Тарное стекло 20
1.3.2 Листовое стекло 22
1.3.3 Непрерывное стекловолокно 25
1.3.4 Сортовое стекло 27
1.3.5 Специальное стекло 27
1.3.6 Минеральная вата. 28
1.3.7 Фритты 28
Особенности экологических проблем подотраслей стекольного производства 32
2 Применяемые процессы и технологии 32
2.1 Сырье для стекольного производства 32
2.3 Печи для варки стекла 39
2.3.1 Регенеративные печи 40
2.3.2 Рекуперативные печи 42
2.3.3 Печи с использованием горения топлива в кислороде 43
2.3.4 Электрические печи 44
2.2.5 Печи с использованием природного газа и электроподогрева 45
2.3.6 Печи периодического действия 46
2.4 Стеклянная тара 47
2.5 Листовое стекло 50
2.6 Непрерывное стекловолокно. 52
2.7 Стеклянная посуда 54
2.8 Специальное стекло 56
2.9 Минеральная вата 63

2.9.1 Стекловата 63
2.9.2 Каменная вата 66
2.10 Фритты 68
2.10.1 Процесс производства фритт 68
2.9.2 Печи, используемые в производстве фритт 69
3 Современное потребление сырьевых материалов и энергии, и уровни выбросов 70
3.1 Технологические сырьевые материалы 70
3.1.1 Технологические готовые продукты 71
3.1.1.1. Выбросы в воздух 71
3.1.1.2. Выбросы в воду 76
3.1.1.3. Выбросы других отходов 77
3.1.2 Энергия 78
3.1.4 Уровень шума 83
3.2 Тарное стекло 83
3.2.1 Вводимые факторы технологического процесса 85
3.2.2 Выбросы в атмосферу 86
3.2.2.1 Сырье 86
3.2.2.2 Плавление шихтовой смеси 86
3.2.2.3. Операции дальнейшей обработки 96
3.2.4 Энергия 97
3.3 Листовое стекло 99
3.3.1 Вводимые факторы производственного процесса 100
3.3.2 Выбросы в атмосферу 101
3.3.2.1 Сырье 101
3.3.2.2 Плавление 101
3.3.2.3 Возможные окончательные операции 102
3.3.3 Выбросы в воду 102
3.3.4 Энергоресурсы 103
3.4 Непрерывное стекловолокно. 104
3.4.1 Входные ресурсы технологического процесса 106
3.4.2 Выбросы в атмосферу 107

3.4.2.1 Сырье 107
3.4.2.2 Варка стекломассы 107
3.4.2.3 Мероприятия части процесса далее по технологической линии 110
3.4.3 Выбросы в воду 110
3.4.4 Энергия 111
3.5 Сортовое стекло 111
3.5.1 Исходные сырьевые материалы 114
3.5.2 Выброс загрязнителей в воздух 115
3.5.2.1 Сырье 115
3.5.2.2 Варка стекломассы 115
3.5.2.3 Последующие действия 117
3.5.3 Выброс вредных веществ в воду 117
3.5.4 Энергия 118
3.6 Специальное стекло 119
3.6.1 Исходные вещества 119
3.6.2 Выброс загрязнителей в воздух 122
3.6.2.1 Сырьевые материалы 122
3.6.2.2 Стекловарение 122
3.6.3 Выброс вредных веществ в воду 123
3.6.4 Энергия 123
3.7 Минеральное волокно 124
3.7.1 Исходные вещества 124
3.7.2 Выброс загрязнителей в воздух 125
3.7.2.1 Сырьевые материалы 125
3.7.2.2 Стекловарение 126
3.7.2.3 Последующие действия 130
3.7.3 Выбросы в воду загрязняющих веществ 132
3.7.4 Энергия 132
3.8 Фритты 133
3.8.1 Исходные сырьевые материалы. 133
3.8.2 Выброс загрязнителей в воздух 134

3.8.2.1 Сырьевые материалы 134
3.8.2.2 Варка фритт 134
3.8.3 Выбросы в воду загрязняющих веществ 136
3.8.4 Энергия 137
4 Определение наилучших доступных технологий 137
5 Выводы о наилучших доступных технологических методах для сферы производства стекла 139
5.1 Общие выводы о наилучших доступных технологических методах для производства стекла 145
5.1.1 Системы управления состоянием окружающей среды 145
5.1.2 Эффективность использования энергии 146
5.1.3 Хранение и погрузка-разгрузка материалов 147
5.1.4 Общие меры борьбы с первичным загрязнением 150
5.1.5 Выброс вредных веществ в воду при выполнении процессов стекольного производства 155
5.1.6 Отходы от процессов стекольного производства 157
5.1.7 Шум от процессов стекольного производства 159
5.2 Выводы о наилучших доступных технологических методах для производства тарного стекла 159
5.2.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 159
5.2.2 Оксиды азота (NO_X) из стекловаренных печей 160
5.2.3 Оксиды серы (SO_X) из стекловаренных печей 163
5.2.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей 164
5.2.5 Металлы из стекловаренных печей 165
5.2.6 Выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов 167
5.3 Выводы о наилучших доступных технологических методах для производства листового стекла 169
5.3.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 169
5.3.2 Оксиды азота (NO_X) из стекловаренных печей 169

5.3.3 Оксиды серы (SO_X) из стекловаренных печей 172
5.3.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей 173
5.3.5 Металлы из стекловаренных печей 174
5.3.6 Выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов 176
5.4 Выводы о наилучших доступных технологических методах для производства непрерывного стекловолокна 177
5.4.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 178
5.4.2 Оксиды азота (NO_X) из стекловаренных печей 179
5.4.3 Оксиды серы (SO_X) из стекловаренных печей 180
5.4.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей 182
5.4.5 Металлы из стекловаренных печей 183
5.4.6 Выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов 184
5.5 Заключение НДТ для производства стеклянной посуды 185
5.5.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 185
5.5.2 Окись азота (NO_X) из стекловаренных печей 186
5.5.3 Сернистый газ (SOX) из стекловаренных печей 188
5.5.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренной печи 189
5.5.5 Металлы из стекловаренных печей 191
5.5.6 Промышленные выбросы в результате последующих процессов 193
5.6 Заключения НДТ для производства специального стекла 194
5.6.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 195
5.6.2 Окись азота (NOX) из стекловаренных печей 196
5.6.3 Сернистый газ (SOX) из стекловаренных печей 198
5.6.4. Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей 199
5.6.5 Металлы из стекловаренных печей 200

5.6.6 Выбросы от последующих процессов 201
5.7 Заключения НДТ для производства стеклянной ваты 202
5.7.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 202
5.7.2 Окись азота (NO_X)из стекловаренных печей 203
5.7.3 Сернистый газ (SO_X) из стекловаренных печей 205
5.7.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей 206
5.7.5 Сероводород (H_2S) из стекловаренных печей для производства каменной ваты 207
5.7.6 Металлы из стекловаренных печей 207
5.7.7 Выбросы от последующих процессов 208
5.8 Заключения НДТ для производства фритт 210
5.8.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей 210
5.8.2 Окись азота (NO_X) из стекловаренных печей 211
5.8.3 Окись серы (SO_X) из стекловаренных печей 213
5.8.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей 214
5.8.5 Металлы из стекловаренных печей 215
5.8.6 Выбросы от последующих процессов 215
5.9 Описание технологических методов 216
5.9.1 Выбросы пыли 216
5.9.2 Выбросы оксидов азота 217
5.9.3 Выбросы оксидов серы 220
5.9.4 Выбросы HCl, HF 221
5.9.5 Выбросы металлов 222
5.9.6 Комбинированные выбросы газообразных отходов (например, оксид серы, HCl, HF, соединения бора) 223
5.9.7 Комбинированные выбросы загрязняющего вещества (твердые + газообразные) 223
5.9.8 Выбросы загрязняющих веществ в процессе операций по резанию, шлифовке, полировке 224

5.9.9 Выбросы H_2S, летучих органических соединений 225
6. Экономические аспекты систем контроля загрязнения воздуха, примененных к стекловаренным печам 225
7 Перспективные технологии 239
7.1. Система высокотемпературного горения Glas Flox® 239
7.2. Радиационные горелки 240
7.3. Устройства предварительного нагрева стеклянного боя и шихты 241
7.4. Новые составы стекол 243
7.5. Включение отходов в процесс производства каменного волокна 244
7.6. Технология плавления с погруженным горением 246
7.7. Обработка отходящих газов с помощью сухой двууглекислой соды и химическая валоризация отходов обработки газа. 248
7.8. Применение керамических и каталитических керамических фильтров для удаления многочисленных загрязняющих веществ от обработки отходящих газов .. 250
7.9. Электростатический осадитель типа NASU для наночастиц 254
7.10. Скруббер с заряженным облаком 255
7.11. Лазерная резка листового стекла 257
7.12. Печи отжига на основе инфракрасного излучения 258
Приложения 260
Приложение А. Виды продукции, включенные в данный справочник 260

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Справочник

Наилучшие доступные технологии в производстве стекла

Reference Document. Best Available Techniques for the Manufacture of Glass

Дата введения –

Область применения

Справочник распространяется на технологические процессы производства следующих основных видов продукции:

1. Тарное стекло, в том числе стеклянные бутылки, банки, флаконы, пузырьки, аптечная тара.

2. Листовое флоат стекло.

3. Стекловолокно непрерывное.

4. Сортовое стекло, в том числе столовая посуда (стаканы, бокалы, рюмки, салатницы и т.д.), емкости для вина и напитков (графины, кувшины), художественно-декоративные изделия.

5. Специальное стекло, в том числе техническое (светотехническое, оптическое. кварцевое), медицинское, термометрическое, химико-лабораторное, растворимое натрий- калий силикатное.

6. Минеральное волокно (с двумя категориями, стекловолокно и базальтовое волокно).

7. Фритты.

В Приложении А к настоящему справочнику приведены соответствующие области применения коды ОКВЭД-2.

Справочник также распространяется на технологические процессы, связанные с производством основных видов продукции, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или масштабы загрязнения окружающей среды:

- хранение и подготовка сырьевых материалов;
- хранение и подготовка топлива;
- производственные процессы;
- методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;
- хранение и подготовка продукции.

Справочник не распространяется на вопросы, касающиеся исключительно обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Вопросы охраны труда рассматриваются частично и только в тех случаях, когда оказывают влияние на виды деятельности, включенные в область применения настоящего справочника НДТ.

1 Анализ текущего состояния стекольной промышленности

1.1 Структура промышленности

Справочник НДТ по производству стекла имеет обширную область применения, которая включает в себя ряд самостоятельных подотраслей стекольной промышленности. По видам продукции стекольную промышленность Российской Федерации можно разделить на семь секторов, которые тесно связаны друг с другом:

Сектор	**Производимая продукция**
Тарное стекло	стеклянные бутылки, банки, флаконы, аптечная тара
Листовое стекло	листовое флоат-стекло для строительства, а втомобилестроения и пр.
Стекловолокно	непрерывное стекловолокно
Сортовое стекло	столовая посуда, емкости для вина и напитков, художественно-декоративные изделия
Специальное стекло	техническое (светотехническое, оптическое. кварцевое), медицинское, термометрическое, химико-лабораторное, растворимое натрий-калий-силикатное
Минеральное волокно	стекловолокно и базальтовое волокно (для стеклотканей, стеклонитей, минеральной ваты и пр.)
Фритты	фритты для глазури и эмалей

Продукция стекольной отрасли очень разнообразна. Каждый из секторов специфичен и представляет собой самостоятельную отрасль с уникальными особенностями, производимой продукцией и проблемами. Однако основу при изготовлении различных видов продукции составляет высокотемпературная варка стекольной шихты до получения осветленной и однородной стекломассы, выработки и отжига стеклоизделий, что обуславливает наличие сходного сырья, выбросов и многих приоритетных проблем.

Общий объём производства стекольной промышленности в России оценивается приблизительно около 13 млн. тонн в год. Показательная разбивка по секторам предоставлена в приведенной ниже таблице 46, на основе данных ОАО «Институт стекла».

Таблица 1.1 Ориентировочная разбивка производства стекольной промышленности в зависимости от секторов

Сектор	Производство России	
	% общего объёма производства	Миллионы тонн
Тарное стекло	52,3	6,7
Листовое стекло	25,0	3,2
Непрерывное стекловолокно	2,3	0,3
Сортовое стекло	3,9	0,5
Специальное стекло	3,1	0,4
Минеральная вата	9,4	1,20
Фритта	3,1	0,4
Прочее	0,8	0,1
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО		12,8

1.2 Сырьевые материалы и энергопотребление

В основном сырьевыми материалами для стекольного производства являются легкодоступные, сравнительно безопасные, натуральные или искусственные вещества (песок, доломит, известь, глинозем, сода и т.д.) Не существует никаких существенных экологических проблем, связанных с обеспечением сырьевыми материалами, и уровни отходов обычно бывают очень низкими.

Основное технологическое сырье можно разделить на четыре главные категории: сырьевые материалы (такие материалы, которые формируют часть продукта), энергия

(сорта топлива и электроэнергия), вода и вспомогательные материалы (технологические добавки, материалы для чистки, химикаты для очистки воды и т.д.).

Стекольная промышленность включает в себя много разных процессов с широким диапазоном продуктов, сырьевых материалов и технологических опций. Таким образом, справочник НДТ сосредотачивает внимание на наиболее общих сырьевых материалах в рамках данной промышленности и таком сырье, которое оказывает самое большое влияние на окружающую среду.

Сырьевые материалы для стекольной промышленности в основном представляют собой твердые неорганические смеси, либо из природных минералов, либо из синтетических продуктов. Они варьируются от очень крупнозернистых материалов до тонкоразмолотых порошков. Также широко используются жидкости и газы, как в качестве вспомогательных материалов, так и в качестве топлива.

Таблица 1.2 содержит списки наиболее распространенных сырьевых материалов, используемых для производства стекла. Учитывая широкий диапазон потенциальных сырьевых материалов, эта таблицу надо рассматривать только как ориентировочную, а не как исчерпывающую. Сырьевые материалы, используемые для формирования продукта и других работ ниже по технологической цепочке (т.е., для покрытий и связующих материалов) являются более специальными в каждой отрасли, и они анализируются в соответствующих разделах. Сырьевой материал, представляющий главную важность для расплава, представляет собой пыль, возвращающуюся в цикл повторно, из технологических систем борьбы с загрязнением. Состав этой пыли зависит от природы процесса и от применения каких-либо абсорбентов.

Таблица 1.2 Сырьевые материалы, применяемые в стекольной промышленности

Сырьевые материалы	Форма	Описание	Источник/ комментарии
Материалы, формирующие стекло			
Кварцевый песок	Гранулы	Основной источник SiO_2	Добывается в карьере в виде, либо гранулированного песка, либо в виде песчаника, который соответственно размалывается, сортируется и обрабаты-

Сырьевые материалы	Форма	Описание	Источник/ комментарии
			вается, чтобы удалить примеси. Требуется высокая чистота
Технологический стеклянный бой (внутренний стеклянный бой)	Гранулы	Стекло	Стекло, возвращается в цикл повторно из процесса производства. Состав стекла идентичен с изготавливаемым стеклом
Стеклянный бой, от использованных изделий (стеклянный бой, подаваемый извне производства)	Гранулы	Стекло	Стекло возвращается в цикл от сборщиков стекла. Обычно нужна предварительная очистка и сортировка стекла, от использованных изделий. Может варьироваться чистота и однородность цвета стеклянного боя.
Промежуточные и модифицирующие материалы			
Кальцинированная сода (поташ-Na_2CO_3)	Гранулы	Основной источник Na_2O	Изготовляется из природной соли с использованием метода Сольвея в России, и содержит некоторое количество NaCl. Также кальцинированная сода импортируется из других стран.
Известняк ($CaCO_3$) и обожженная известь	Гранулы	Основной источник CaO	Природный материал добывается в карьере/шахте, размалывается и сортируется. В отрасли по производству каменного волокна, известняк ис-

Сырьевые материалы	Форма	Описание	Источник/ комментарии
			пользуется в виде более крупных гранул/кусков, обычно >50мм в диаметре
Доломит ($CaCO_3.MgCO_3$) и обожженный доломит	Гранулы	Источник CaO и MgO	Природный материал, который добывается в карьере, размалывается и сортируется. В отрасли по производству каменного волокна, доломит используется в виде более крупных гранул/кусков, обычно >50мм в диаметре
Нефелиновый сиенит ($3Na_2O.K_2O.4Al_2O_3.8SiO_2$)	Гранулы	Основной источник окиси алюминия в чистом стекле	Добывается в карьере, размалывается и сортируется. Небольшое содержание в железе. Основные источники в мире: Норвегия, Китай и Канада
Оксиды алюминия	Гранулы	Источник Al_2O_3	Используется в специальных стеклах
Оксид циркония	Гранулы	Источник ZrO_2	Используется в специальных стеклах
Карбонат калия	Гранулы	Источник K_2O	Используется в специальном стекле (свинцовый хрусталь, стекло для телевидения и т.д.) и является синтетическим продуктом
Колеманит	Порошок	Источник бор	Используется для непрерывных стеклонитей
Бура	Гранулы	Источник бор	Синтетический борат натрия

Сырьевые материалы	Форма	Описание	Источник/ комментарии
Борная кислота (H_3BO_3)	Гранулы	Источник бор	Синтетический продукт, в основном используемый для непрерывных стеклонитей
Полевой шпат	Гранулы	Источник Al_2O_3	Основной источник глинозем в цветных известково-натриевом стекле. Природный продукт
Плавиковый шпат (CaF_2)	Гранулы	Источник фтор	Природный продукт, используемый в основном для опалового стекла
Оксиды свинца	Порошок	Источник PbO	Носители PbO в свинцово-хрустальном стекле и специальном стекле
Карбонат бария	Гранулы	Источник BaO	Изготовляемый продукт, используемый в основном для специального стекла
Базальт	Гранулы	Алюминасиликат	В каменном волокне используется в виде более крупных гранул/кусков, обычно >50мм в диаметре
Безводный сульфат натрия	Гранулы	Осветлитель и окислитель, источник Na2O	Изготовленный продукт
Сульфат кальция и гипс	Гранулы	Осветлитель и окислитель, вторичный источник CaO	Природный материал или изготовленный продукт
Китайская глина	Порошок	Источник глинозем	Природный продукт, используемый в основном для непрерывных стекловоло-

Сырьевые материалы	Форма	Описание	Источник/ комментарии
			кон
Нитрат натрия	Гранулы	Осветлитель и окислитель, источник Na_2O	Изготовленный продукт
Нитрат калия	Гранулы	Осветлитель и окислитель, источник K_2O	Изготовленный продукт
Оксиды сурьмы	Порошок	Осветлитель и окислитель	Изготовляемый продукт, используемый в основном для специальных формул
Трехокись мышьяка	Порошок	Осветлитель и окислитель	Изготовляемый продукт, используемый в основном для специального стекла и формул специального хрусталя
Шлак (Ca, Al, Mg, Fe силикат и сульфид)	Гранулы	Источник оксиды алюминия, модифицирующие оксиды, осветлительные реагенты, флюсы и красители	Субпродукты доменной печи. Следует регулировать размер гранул для сырьевых материалов стекла
Углерод	Гранулы или порошок	Восстановитель	Изготовляемый или обработанный природный продукт, небольшие количества, используемые для производства стекла со сниженным состоянием окисления во время изготовления зеленого, янтарного и иногда прозрачного стекла. Используется для боросиликатных стекол

Сырьевые материалы	Форма	Описание	Источник/ комментарии
Хлорид натрия	Кристаллы	Осветлитель	
Красители			
Железистый хромит ($Fe_2O_3.Cr_2O_3$)	Порошок	Краситель	Добывается в карьере, размалывается и сортируется. Железистый хромит представляет собой краситель, используемый для производства зеленого тарного стекла и окрашенного листового стекла
Оксид железа (Fe_2O_3)	Порошок	Краситель	Изготовляемый продукт, используемый в основном в качестве красителя для зеленых и янтарных стекол
Оксид титана оксид кобальта	Порошок	Краситель	Изготовляемый продукт, используемый в основном в качестве красителя для янтарного боросиликатного стекла
Селеновый метал/цинк или селенит натрия	Порошок	Краситель	Изготовляемый продукт, применяемый как в качестве вещества для обесцвечивания, так и краситель, чтобы произвести голубое стекло

Энергопотребление.

В большинстве секторов в стекольной промышленности используются большие печи непрерывного действия, обычные сроки эксплуатации которых составляют 10 - 12 лет, а в некоторых случаях до 20 лет. Эти печи представляют собой основные капиталь-

ные затраты. Энергопотребление печи растет в процессе увеличения времени ее эксплуатации в силу естественных причин износа. Теоретический минимум для варки стекла составляет 0,76 МВт-ч/тонну (эквивалентный 2,74 ГДж/тонну), и для дополнительной положительной динамики было бы необходимо значительное событие в технологии. Фактические минимальные значения для удельных энергозатрат приблизительно составляют 5 ГДж/тонну в начале кампании печи.

Общий объём энергопотребления стекольной промышленностью составлял приблизительно 104 ПДж (28,6 миллионов МВт-ч) в год. Из суммарной энергии 15 % потребляются в виде электричества, 80 % в виде природного газа и 5 % в виде других видов топлива (мазут).

1.3 Основные производители

1.3.1 Тарное стекло

Тарное стекло – один из наиболее крупных секторов стекольной промышленности России, занимающий более 50 % рынка выпускаемой отраслью продукции. В среднем в год в стране производится около 7 млн. т тарного стекла. Распределение данной продукции по секторам приведено на рисунке 1.1.

В 2015 году работает 40 стекольных заводов, производящих стеклотару, и в секторе напрямую задействовано приблизительно 14 000 человек. Наиболее распространенная производительность технологической линии стекольного производства от 150до и 300 тонн в сутки. Типичное распределение установок в пределах различных диапазонов производительности отображено в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Количество установок для производства тарного стекла в определенном диапазоне объема производства

Диапазон объема производства (тонн/сутки)	<150	От 150 до 300	От 300 до 600
Количество установок в каждом диапазоне	12	63	8
Пропорция (%) установок в каждом диапазоне	15	75	10

Источник информации: Данные предприятий, расчеты

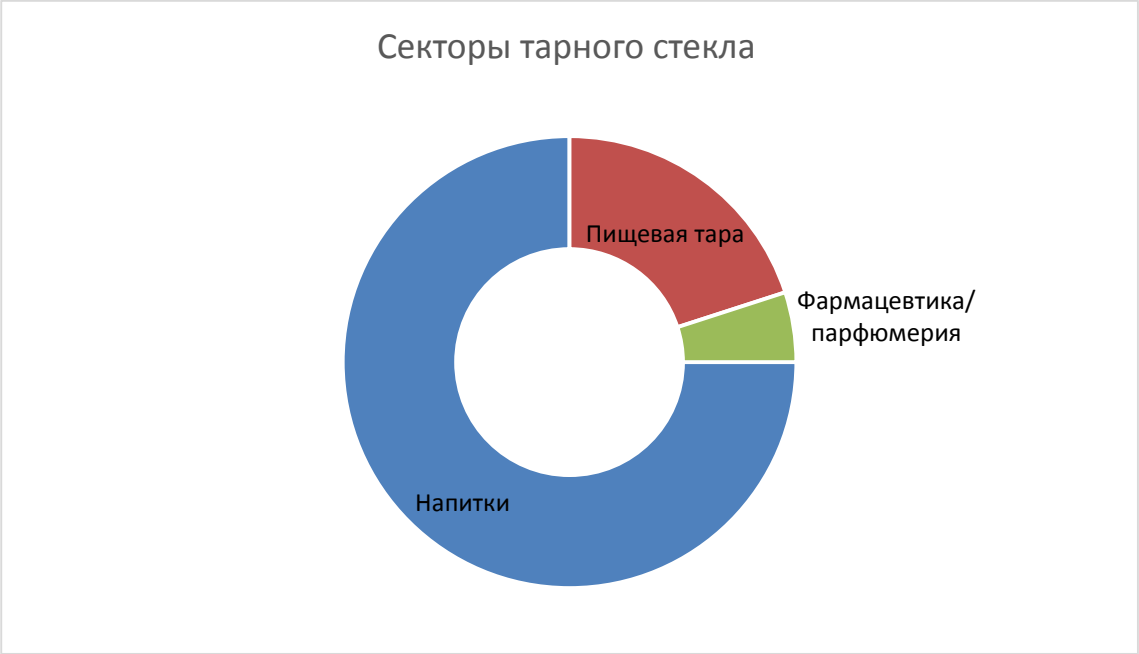


Рисунок 1.1 Распределение продукции тарного стекла

Из-за транспортных расходов большинство стеклянной тары продается в пределах 500 км от места производства, и, поэтому импортные и экспортные товары в известной степени ограничены. В секторе парфюмерной/косметической промышленности ситуация иная и экспорт может занимать 40 % и более продукции.

Таблица 1.4 Основные производители стеклотары в России

Концерн	Завод	Мощность, млн.шт./г	Расположение
ООО "Русджам"	ПАО «Русджам-Гороховец»	1000	Владимирская обл
	ПАО «Русджам-Покровский»	500	Вологодская обл.
Концерн Saint Gobain	ЗАО «Камышинский стеклотарный завод»	550	Волгоградская обл.
	ЗАО «Сен-Гобен Кавминстекло»	430	Ставропольский край
ООО «Веда-Групп»	ЗАО "Веда-Пак"	320	Ленинградская обл.
ГК «РАТМ»	ОАО "Новосибирский завод "Экран"	620	Новосибирская обл.
ООО "Чагодощенский стеклозавод и	ООО "ЧСЗ-Липецк"	740	Липецкая обл.
	ООО «ЧСЗиК»	850	Вологодская обл.

Концерн	Завод	Мощность, млн.шт./г	Расположение
К"			
Ассоциация производителей стекла "РусьСтекло"	Сергиево-Посадский стеклотарный завод	600	Московская обл.
	Велиководский стекольный завод	240	Владимирская обл.
	Омский стекольный завод	700	Омская обл.
	Кингесеппский стекольный завод	650	Респ. Карелия
АО "Фирма "Актис"	АО "Фирма "Актис"	360	Ростовская обл.
ЗАО "Группа предприятий "ОСТ"	ЗАО «СОТ-Тара»	260	Московская обл.

1.3.2 Листовое стекло

Листовое стекло является вторым по величине сектором в стекольной промышленности Российской Федерации, который составляет приблизительно 25 % от общего объема производства стекольной продукции. В России в настоящее время производится только один вид листового стекла – флоат-стекло, которое используется для изготовления изделий строительного, технического и мебельного назначения.

В год сектор производит приблизительно 3,2 миллионов тонн стекла на 15 флоат-ванн восьми компаний, работающих в России.

Изготовление листового стекла – международный бизнес, включающим в себя четыре главные группы компаний, три из которых представлены в России: Asahi Glass (AGC Flat Glass Europe), NSG (Pilkington, Великобритания), Guardian Industries (США).

Производительность основных изготовителей листового стекла в России приведено в таблице 1.4.

Таблица 1.1 Производство листового стекла в России

Компания	Завод	Местоположение	Производительность, т/сут
AGC Flat Glass Europe	ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод»	Нижегородская обл.	440
	ОАО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин»	Московская обл.	220

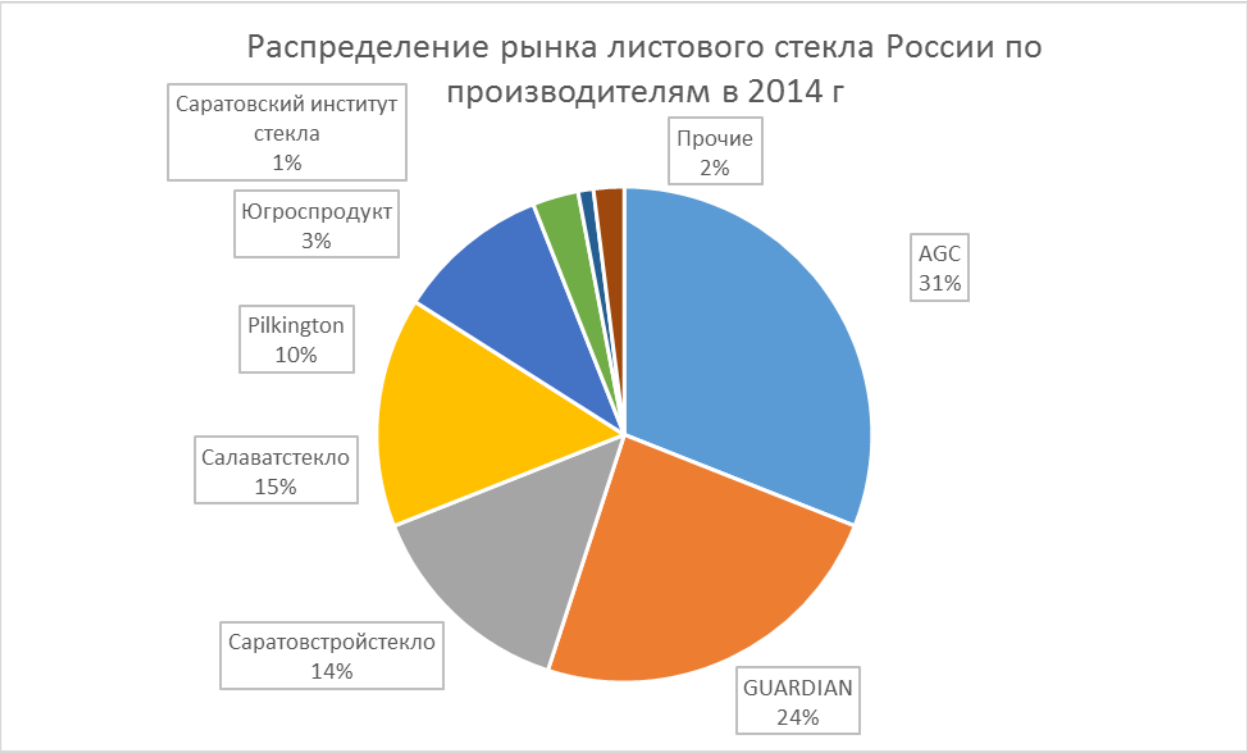
Компания	Завод	Местоположение	Производительность, т/сут
Pilkington	«Пилкингтон-Гласс»	Московская обл.	240
Guardian	ОАО «Гардиан стекло Рязань»	Рязанская обл.	600
	ОАО «Гардиан стекло Ростов»	Ростовская обл.	800
ОАО «Салаватстекло»		Республика Башкортостан, Саратовская обл.	440
ОАО «Каспийский завод листового стекла»		Республика Дагестан	600
Sisecam и Sant-Gaben	ЗАО «Тракья Гласс Рус»	Республика Татарстан	580
ОАО «Саратовстройстекло»		Саратовская обл.	400
ОАО «Югроспродукт»		Ставропольский край	250

Источник информации: Данные предприятий

Важнейшими рынками для флоат-стекла являются строительная и автомобильная промышленность. Наибольшим из этих рынков является строительная промышленность, которая составляет 75-85 % продукции, а большинство из оставшихся 15-25 % перерабатываются в остекление для автомобильной и транспортной промышленности. На рисунке 1.2 представлено распределение рынка листового стекла России по производителям.

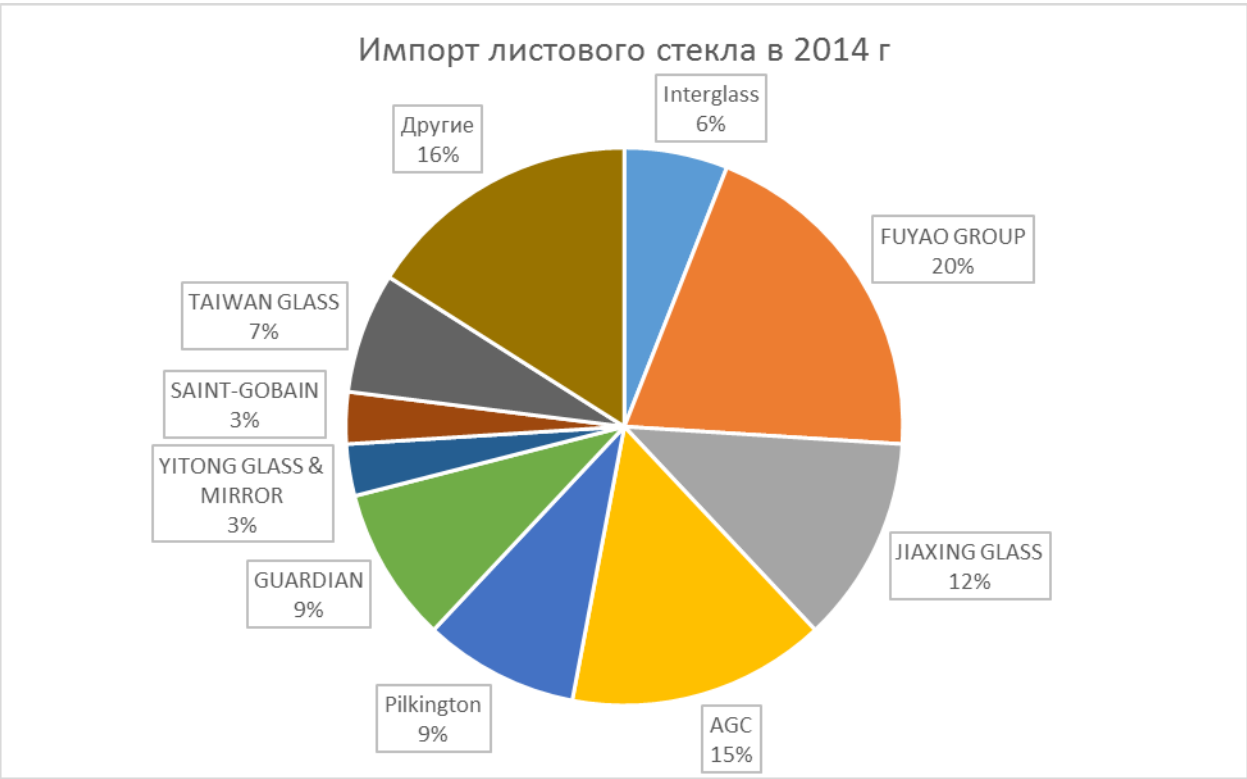
Российский рынок листового стекла развивается довольно быстро. Тенденции импорта-экспорта продукции сектора отражены на рисунках 1.3 и 1.4.

Более половины импортируемого в Россию стекла на настоящее время приходится на Китай, около трети поставляют Польша и Бельгия, остальное стекло российский рынок получает из Киргизии, Израиля, Германии, Великобритании и других стран. За последние 2 года практически прекратились поставки стекла из Украины, которые еще в 2012 году занимали почти треть импортируемого листового стекла.



Источник: данные AIM

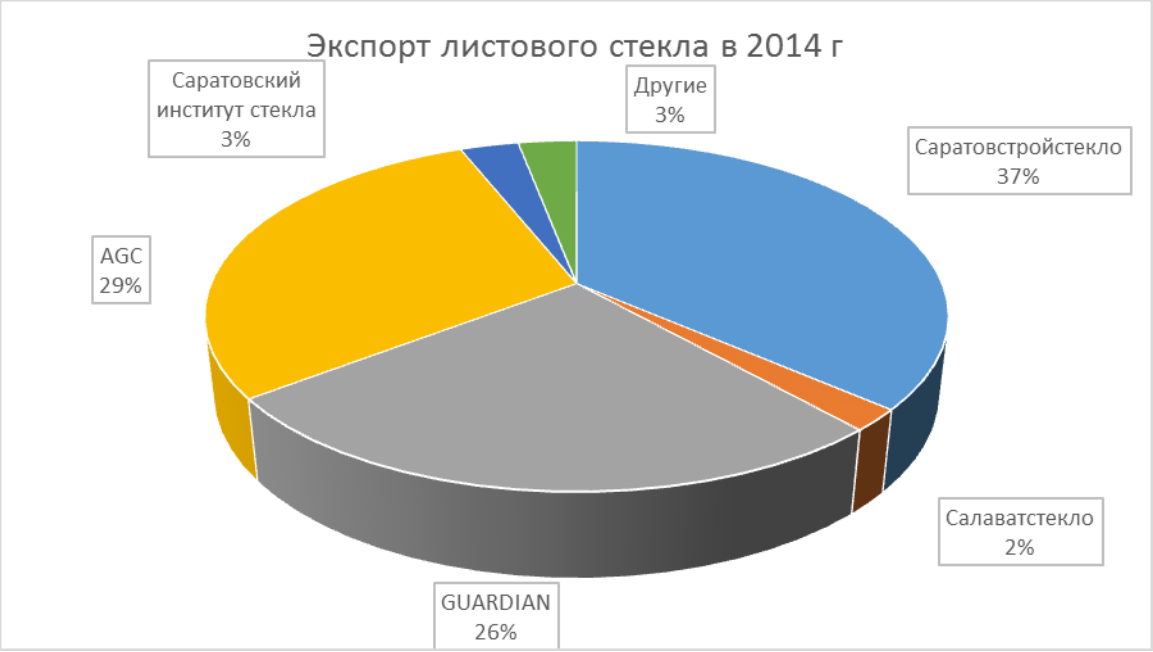
Рисунок 1.2. Распределение рынка листового стекла России по производителям



Источник: данные AIM

Рисунок 1.3. Импорт листового стекла в 2014 г

В то же время экспорт листового стекла в Украину продолжает удерживать лидирующие позиции и составляет половину всей продукции. По 10 % от общей доли экспортируемого листового стекла Россия поставляет в Таджикистан, Узбекистан и Турцию. Остальное идет в Финляндию, Молдову, Эстонию, Азербайджан, Киргизию и другие страны.



Источник: данные AIM

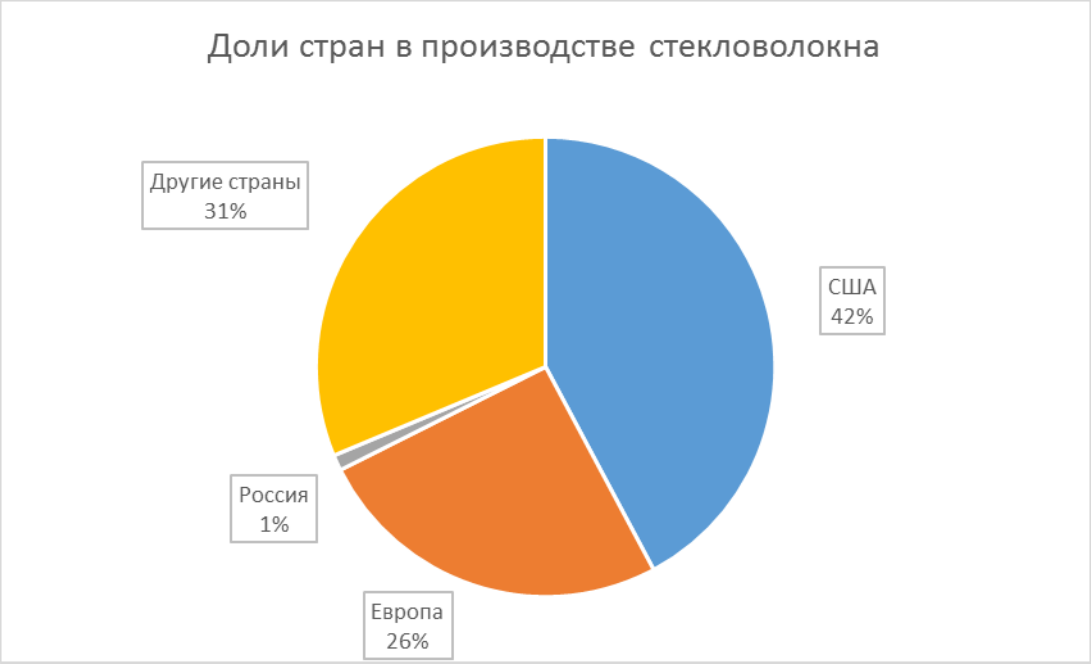
Рисунок 1.4. Экспорт листового стекла в 2014 г

1.3.3 Непрерывное стекловолокно

Производство стекловолокна из непрерывной нити охватывает совсем небольшой участок стекольной промышленности по тоннажу. Однако сектор имеет высокое потребительское значение. Получаемая продукция перерабатывается в стеклоткань, циновку, рубленую стеклопряжу, композитные материалы и др., которые применяются в различных отраслях промышленности. Основными рынками для композитных материалов являются строительная промышленность, автомобильный сектор и сектор транспорта, и электрическая и электронная промышленность. Другие виды применения состоят из труб и резервуаров, сельскохозяйственного оборудования, промышленного механического оборудования, секторах спорта, досуга и в морском хозяйстве

Самым крупнейшим производителем является OwensCorning, за которым следуют Vetrotex и PPG. В России действует 12 заводов по производству непрерывного стекло-

волокна, все стекловаренные печи на которых производят меньше 50 тонн стекломассы в сутки.



Источник: steklokompozit.ru

Рисунок 29. Доли стран в производстве стекловолокна

Прогноз производства стекловолокна и изделий из него российскими предприятиями на 2015 год приведен в таблице 50.

Таблица 1.5 Производство стекловолокна в России

Предприятие	Доля от общего производства в России, %	Месторасположение
ОАО «Стекловолокно»	25,4	г. Гусь-Хрустальный
ОАО «Новгородский завод стекловолокна»	9,4	г. Нижний Новгород
ОАО «Тверьстеклопластик»	15,3	г. Тверь
ОАО «Судогородское стекловолокно»	13,8	Владимирская обл.
ОАО «Ступинский завод пластмасс»	9,4	Московская обл.
ЗАО «Стеклонить»	14,4	г. Уфа
ОАО «Астраханское стекловолокно»	6,4	г. Астрахань
ОАО «Стекловолокно»	5,9	г.Махачкала

Источник: steklokompozit.ru

1.3.4 Сортовое стекло

Сектор сортового стекла является одним из небольших секторов стекольной промышленности приблизительно с 4 % общего объема производства. Этот сектор охватывает изготовление стеклянной столовой посуды, сосудов для вина и напитков, художественно-декоративных изделий Изготовление сортового стекла получило очень широкое распространение по всей России, но в настоящее время работает только 9 заводов, общий объем производимой продукции составляет приблизительно 0,5 миллиона тонн в год.

Сектор стеклянной посуды отличается большим разнообразием продукции и реализуемых технологических процессов. Диапазон выпускаемой продукции – от большого количества массовых изделий до дорогостоящих хрустальных графинов, бокалов, салатников, ваз, эксклюзивных кубков и высокохудожественных изделий. Методы изготовления продукции предусматривают использование как ручного труда (ручное стекловыдувание, огранка, гравировка), так и полностью автоматизированных устройств.

1.3.5 Специальное стекло

Производство сектора специального стекла составляет около 2,1 % общего выпуска стекольной промышленности, и в тоннажном выражении это пятый по объему продукции сектор. Сектор производил 0.4 млн. тонн стеклоизделий.

Сектор специального стекла исключительно широкий, он охватывает большой диапазон изделий, таких как электровакуумное стекло, химико-лабораторное (стеклянные трубки, колбы, мензурки и воронки), стекло для осветительных приборов (трубки и колбы), боросиликатные стеклянные трубки, лабораторные и технические стеклянные изделия, боросиликатное и стеклокристалличекое (стекла для электроплит и высокотемпературные посудные принадлежности), а также оптическое стекло, кварцевое стекло, стекло для электронной промышленности (например, ЖК-панели).

В этой группе практически нет крупных предприятий, сравнимых по объёмам производства с заводами листового или тарного стекла, которые выпускали бы только продукцию этой группы. Самые крупные – Лыткаринский завод оптического стекла, ООО «ШОТТ Фармасьютикал Пэккэджинг», ЗАО «НИКОЛЬСКИЙ ЗАВОД СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО СТЕКЛА» (ГПК «МАКСКОМ»), ОАО «НАТАЛЬИНСКИЙ СТЕКЛОЗАВОД».

1.3.6 Минеральная вата.

Сектор минеральной ваты составляет приблизительно 10 % общего выпуска стекольной промышленности в тоннажном выражении. Сектор включает производство изоляционных материалов из стекловаты и каменной ваты, которые часто представляют собой неразделимые случайно переплетенные массы волокон переменной длины и связанные путем прошивания.

В России действуют четыре основных производителя: Saint-Gobain; Rockwool International; URSA и Knauf Insulation/Heraklith. В секторе занято свыше 2100 работающих на 7 предприятиях и выпускается около 1.2 млн. тонн продукции в год.

1.3.7 Фритты

Сектор фритт один из самых мелких в стекольной промышленности России и оценивается в 0,4 млн. тонн в год. Сектор включает продукцию фритт для глазури и эмалей, используемых для декорирования керамических материалов и металлов. Стеклянные или керамические фритты составляют около 95% общей продукции фритт (керамики и эмалей).

Фритты – специфический, не очень характерный для стекольной промышленности вид продукции, выпускаются, в основном, в небольших количествах, часто на вспомогательных производствах металлургических предприятий или на небольших предприятиях. Наиболее известные изготовители: ОАО "КАМЕНСКИЙ СТЕКЛОТАРНЫЙ ЗАВОД", ОАО "Новгородский завод стекловолокна".

1.4 Основные проблемы окружающей среды

Основная проблема состояния окружающей среды, связанная с производством стекла, свойственная всем стекольным подотраслям и заключается в том, что это энергоемкий процесс, выполняемый при высокой температуре, что влечет за собой выбросы продуктов горения и высокотемпературное окисление атмосферного азота, сернистого ангидрида, диоксида углерода. Выбросы из печи также содержат пыль (возникающую в результате испарительного переноса и последующей конденсации летучих сырьевых

материалов) и следы хлоридов, фториды и металлы присутствуют в качестве примесей в сырье.

Выбросы в атмосферу:

1) Твердые вещества/пыль

На твердые частицы приходится значительная часть загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу стекольными заводами. Во всех подотраслях стекольной промышленности используются измельченные, гранулированные или пылеобразные сырьевые материалы. На всех предприятиях подотраслей данной отрасли промышленности осуществляется хранение и смешивание сырьевых материалов. Выброс в атмосферу пыли является предсказуемым результатом операций по транспортировке, обработке, хранению и смешиванию сырья. Образующаяся пыль обычно более крупная, чем твердые частицы, образующиеся в процессе нагревания и имеющие размер менее 1 мкм, однако мелкие твердые частицы легко агломерируются в более крупные частицы и представляют собой потенциальную экологическую проблему.

Основными источниками выбросов в атмосферу твердых частиц при плавлении являются смесь летучих компонентов шихты и расплавленного вещества с оксидами серы, образующая соединения, конденсирующиеся в отработанных печных газах, унос содержащихся в шихте мелкодисперсных материалов и сжигание некоторых видов ископаемого топлива.

2) Оксиды азота

Основными причинами выбросов оксидов азота (NOX) являются: образование термических NO_X при высокой температуре в печах, распад азотных соединений в шихте и окисление азота, содержащегося в топливе.

3) Оксиды серы

Присутствие оксидов серы (SO_X) в отработанных газах стекловаренных печей определяется содержанием серы в топливе, а также содержанием сульфитов/сульфатов/сульфидов в сырьевых материалах, в частности, добавлением сульфата натрия или сульфата кальция для окисления стекла.

4) Выбросы других веществ при плавлении

Наиболее существенными выбросами прочих веществ являются выбросы хлоридов (выраженные в HCl), фторидов (выраженные в HF), а также металлов и их соединений.

Хлориды и фториды образуются в отработанных газах стекловаренных печей из содержащихся в сырьевых материалах примесей, и их объем обычно бывает весьма ограниченным.

Выброс металлов в окружающую среду является серьезной проблемой для некоторых подотраслей стекольной промышленности, однако она менее значительна для других. Незначительное количество тяжелых металлов может присутствовать в качестве примесей в некоторых сырьевых материалах, в стеклобое и в топливе. Свинец и кадмий используются в составе стекломассы и красящих веществ. При производстве специальных сортов стекла может происходить выброс в окружающую среду мышьяка, сурьмы и селена (красящее вещество при производстве бронзового стекла или обесцвечивающее вещество при производстве некоторых видов прозрачного стекла).

За исключением производства специальных сортов стекла, источники выбросов в атмосферу HCl и HF обычно связаны с присутствием в сырьевых материалах примесей (например, хлорида натрия или кальция) и реже – с присутствием в шихте незначительного количества фторида кальция (CaF_2).

5) Парниковые газы

Стекольная промышленность является источником значительных выбросов в атмосферу парниковых газов (ПГ), в первую очередь двуокиси углерода (CO_2). Производство 1 кг стекла в газовой печи приводит к образованию приблизительно 0,6 кг CO_2, из которых 0,45 кг образуется за счет сжигания ископаемого топлива и 0,15 кг – в результате диссоциации карбонатного сырья ($CaCO_3$ и доломит), используемого в шихте. Образование ПГ напрямую зависит от сорта стекла, вида используемого ископаемого топлива, энергоэффективности технологических процессов и использования стеклобоя. В связи с высокими требованиями к качеству некоторых изделий из стекла возможности использования стеклобоя ограничены.

В таблице 1.5 приведены примерные данные по распределению выбросов в атмосферу от стекольных предприятий России.

Таблица 1.5 Выбросы в атмосферу от стекольных предприятий России

Вещество	Количество, т/г
Пыль	2 100
Оксиды азота	35 000
Оксиды углерода (CO_2)	7 000 000

Источник: данные предприятий, расчеты

Сбросы в воду

Наибольшее количество воды потребляется в процессе охлаждения и промывки стеклобоя. Сбросы загрязняющих веществ в водную среду образуются за счёт промывной воды, из системы подачи охлаждающей воды, а также поверхностных стоков. Для минимизации потерь используют системы оборотного водоснабжения. При производстве стекла образуется намного меньше жидких отходов, чем в других отраслях промышленности, и они образуются лишь при отдельных технологических операциях (например, при охлаждении горячей стекломассы и ножниц для отрезки стекломассы). В состав отходов могут входить содержащиеся в стекле твердые частицы, некоторые используемые при производстве стекла растворимые материалы (например, сульфат натрия), некоторые органические соединения, входящие в состав смазочных материалов, используемых в процессе резки, и химические вещества, используемые для очистки системы водяного охлаждения (например, растворенные соли и реагенты для обработки воды).

Твердые отходы

На большинстве производственных операций в стекольной промышленности образуется относительно небольшое количество отходов. Твердые отходы при производстве стекла образуются главным образом на площадках для комплектования груза перед его отправкой. Уборка и текущий ремонт на приемных площадках могут уменьшить количество такого рода отходов и обеспечить сбор рассыпанных материалов и их добавление в сырье. Мощение приемных площадок позволяет эффективно и результативно проводить сбор и уборку, а также обеспечить необходимую идентификацию, разделение и повторноеиспользование в технологическом процессе рассыпанных материалов.

Твердые производственные отходы, образующиеся в процессе плавки, включают в себя пыль от регенераторов (или рекуператоров), которая удаляется путем механической или термической очистки, а также отработанные огнеупорные материалы, образующиеся в результате периодического технического обслуживания, ремонта и вывода из эксплуатации печей (около 500–2000 тонн за одну операцию, обычно проводятся каждые 5 – 15 лет), включая огнеупорные материалы с большим количеством хрома и циркония. К числу других отходов относится пыль, собранная в очистном оборудовании.

Особенности экологических проблем подотраслей стекольного производства

Кроме того каждый из секторов производства стекла имеет свои особенности в отношении экологии. Так например, уровни отходов производства тарного и листового стекла довольно низки за счет выкосого коэффициента повторного использования стеклобоя, в то время как при изготовлении непрерывного стекловолокна или сортового стекла такого уровня достичь невозможно в силу особенностей технологического процесса и разнообразной окраски.

Производство специального и сортового стекла обусловлено применением оксидов цинка, азота, мышьяка, церия, сурьмы и селена, соединений фтора и бора, что существенно влияет на выбросы предприятий сектора. Кроме того, сектор специального, а также сортового стекла, активно применяют процессы полирования и шлифования, которые неизбежно вызывают повышение сбросов в воду.

Очень существенной проблемой при производстве хрусталя является применение оксида свинца, а иногда сурьмы или трехокиси мышьяка.

Для минеральной ваты дополнительными важными источниками выбросов являются участок формования (где к волокнам применяют связующий материал) и вулканизационная печь (где высушивается продукт и вулканизируется связующий материал). Эти участки содержат значительные уровни твердых частиц, фенол, формальдегид, аммиак и воду, а также летучие связующие компоненты и продукты горения обжиговой печи.

2 Применяемые процессы и технологии

2.1 Сырье для стекольного производства

Все компоненты стекла по своей структурной роли разделяются на три группы: стеклообразователи, модификаторы и промежуточные. К стеклообразователям относятся оксиды кремния, бора, свинца, фосфора и германия, к модификаторам — оксиды щелочных и щелоче-земельных элементов, к промежуточным — оксиды алюминия, цинка, бериллия, циркония, а также оксиды переходных и редкоземельных элементов (см таблицу 1.2). Деление оксидов на указанные группы определяется кристаллохимическими особенностями того или иного оксида: радиусом катиона, силой поля катиона, координационным числом, энергией связи «катион—кислород».

Основное сырье для стекольного производства:

Песок - является наиболее важным сырьем для стекольного производства, будучи основным источником SiO_2. Это распространённое сырье, но большинство месторождений не имеет достаточной чистоты для того, чтобы можно было их использовать в стекольном производстве. Наиболее известные месторождения песка в РФ, Ташлинское (Ульяновская обл.), Егановское (Московская обл.), Тумановское (Тюменская обл.), Тулунское (Иркутская обл.) и т.д. Для применения в стекольном производстве используют обогащенные пески, которые поступают с Раменского ГОКа (Московская обл.), Неболчинского (Новгородская обол.) и т.д.

Оксиды щелочных металлов (Na_2O, K_2O, Li_2O) играют роль плавней и их вводят в состав для снижения температуры варки стекла

Оксид натрия в состав стекла вводят через кальцинированную соду и сульфат натрия.

Сода (углекислый натрий Na_2CO_3) – белый порошок с температурой плавления 854 ^oC. Сода применяется для ввода в состав стекла оксидов натрия (Na_2O). Соду получают двумя способами: аммиачным из хлорида натрия и карбоната кальция и из нефелинов. Известным производителем соды является ОАО «Сода» (Стерлитамак), Ачинский глиноземный комбинат, ОАО «Пикалевская сода» и т.д.

Сульфат натрия (Na_2SO_4) – встречается как в природе в виде астраханита, тенардита, мирабилита, кроме того используется и синтетический сульфат натрия. Кроме введения в состав стекла оксида натрия сульфат натрия используют, как ускоритель

варки на стадии осветления. Источники природного сульфата натрия находятся в Западной Сибири (Кулундинское озеро).

Оксид калия вводят в состав стекла при помощи поташа, содовопоташной смеси и селитры.

Поташ (K_2CO_3) – белый порошок, растворимый в воде, легко поглощающий влагу из воздуха. Поташ получают из минералов, содержащих соединения калия (Соликамское и др. месторождения).

Содовопоташная смесь – побочный продукт при переработке нефелинового концентрата.

Оксиды щелочноземельных металлов (CaO, MgO) снижают температуру плавления и вязкость, улучшают механические и химические свойства.

Оксиды кальция и магния вводятся в состав стекла обычно углекислыми солями (карбонатами). К карбонатному сырью, используемому в стекольной промышленности относятся известняки, мел, доломит.

Известняк – осадочная горная порода белого цвета или окрашенная соединениями железа в разные оттенки: зеленоватый, желтоватый, бурый и т.д. Наиболее известные месторождения известняка в РФ – Алферовское (Ивановская обл.), Сухореченское (Челябинская обол.) и т.д.

Мел – мягкая осадочная порода белого цвета иногда окрашена примесями. Наиболее известные месторождения мела - Белгородское, Вольское (Саратовская обл.).

Доломит $CaCO_3 \bullet MgCO_3$ – природный двойной карбонат кальция и магния, горная порода. Наиболее известные месторождения – Ковровское, Заиграевское и т.д.

Оксид алюминия (Al_2O_3) добавляют, чтобы улучшить стойкость к химическому воздействию и увеличить вязкость при пониженных температурах. Он обычно добавляется как нефелиновый сиенит ($3Na_2O.K_2O.4Al_2O_3.8SiO_2$), полевой шпат или глинозем, но также он присутствует в доменном шлаке и полевошпатовом песке.

Оксиды свинца (PbO и Pb_3O_4) используются для улучшения внешнего вида и увеличения показателя преломления стекла, чтобы обеспечить лучший блеск таких продуктов, как свинцовый хрусталь и хрустальные стекла, а также при варке легкоплавлениях электровакуумных стекол специальных составов.

Оксиды свинца вводят посредством свинцового глета или свинцового сурика.

Оксид бора (B_2O_3) имеет большое значение в некоторых продуктах, в частности в специальном стекле (боросиликатные стекла) и в стекловолокнах (стекловата и непрерывное стекловолокно). Наиболее важным фактором является уменьшение величины термического коэффициента линейного расширения стекла, но в волокнах он также изменяет вязкость и жидкотекучесть, помогающей волокнообразованию и увеличивает химическую устойчивость по отношению к агрессивному воздействию воды.

В Таблице 2.1 приведены некоторые из элементов, используемых для окрашивания стекла. Красители представляют собой соединения различных металлов. С помощью красителей стеклу можно придать любую окраску в зависимости от типа красителя, его концентрации, режима варки и окислительно-восстановительных условий.

Для получения непрозрачных стекол (глушеных) используют вещества, способные рассеивать свет. В качестве глушителей применяют соединения фтора и фосфора. Для глушения используют криолит ($3NaF•AlF_3$), фтористый кальций CaF_2, кремнефтористый натрий Na_2SiF_6.

Таблица 2.1:Металлы, используемые для окрашивания стекла

Элемент	Ион	Цвет
Медь	(Cu^{2+})	Светло-синий
Хром	(Cr^{3+})	Зеленый
	(Cr^{6+})	Желтый
Марганец	(Mn^{3+})	Фиолетовый
Железо	(Fe^{3+})	Желтовато- коричневый, янтарный цвет в сочетании с сульфидами
	(Fe^{2+})	Синевато-зеленый
Кобальт	(Co^{2+})	Густой синий, но розовый в боратных стеклах
	(Co^{3+})	Зеленый
Никель	(Ni^{2+})	Серовато-коричневый, желтый, зеленый, от синего до фиолетового, в зависимости от стеклянной матрицы
Ванадий	(V^{3+})	Зеленый в силикатном стекле; коричневый цвет в боратном стекле
Титан	(Ti^{3+})	Фиолетовый (при варке при восстановительных условиях)
Неодим	(Nd^{3+})	Красновато-фиолетовый
Селен	(Se^{0})	Розовый или красновато-коричневый (также Se^{2+}, Se^{4+}, и Se^{6+}, в зависимости от типа стекла)
Кадмий	(Cd^{2+})	Желтый, оранжевый, красный и усилитель цвета
Празеодимий	(Pr^{3+})	Светло-зеленый

Важным компонентом шихты является стекольный бой. Стекольный бой может использоваться как собственный, так и привозной. Соотношение шихта/бой на некоторых стеклотарных заводах РФ составляет до 50/50. Наиболее высокий достигнутый показатель использования боя в производстве листового стекла 40/60. При этом снижается стоимость продукции, за счет снижения соды и других материалов, продлевается кампания печи, снижаются вредные выбросы.

Для стекольного боя требуется меньше энергии для варки, чем для первичного сырья, и каждая 1 тонна стекольного боя приблизительно 1,2 тонны исходного материала в составе шихты большинства натриево-кальциево-силикатных стекол.

Для того, чтобы обеспечить качество стекольного боя, подходящего для процесса варки стекла и для характеристик конечного продукта, необходимо избегать или ограничивать присутствие керамики, стеклокерамики, металлов, органических веществ и т.д. Выбросы некоторых загрязнителей могут быть напрямую связаны с использованием стекольного боя.

2.2 Процесс варки стекла

Нагревание

Стандартным и наиболее распространенным способом подачи тепла для варки стекла является сжигание топлива над слоем шихты и расплавленной стекломассой.

Температура, необходимая для плавления и осветления стекломассы, зависит от химического состава стекла, и составляет от 1100 до 1650 °C. При этих температурах преобладает излучательная теплопередача, в особенности от свода печи, который нагревается пламенем до 1650 °C, но также и от самого пламени. В каждой конструкции печи количество подводимого тепла организуется и управляется для того, чтобы создавать перепады температур в расплавленной стекломассе и вызвать рециркулирующие свободные конвекционные потоки в ней, чтобы обеспечить устойчивую однородность стекла, подаваемого для выполнения процесса формования.

Первичный этап варки

Вследствие низкой теплопроводности сырьевых материалов процесс варки стекла первоначально протекает весьма медленно, что дает время для протекания многочис-

ленных химических и физических процессов. По мере того, как материалы нагреваются, влага испаряется, часть сырья разлагается и газы, содержащиеся в сырье, выходят. Первые реакции (обезуглероживание) происходят при температуре примерно 500 °C. Сырье начинает плавиться при температуре от 650 до 1200 °C в зависимости от состава шихтовой смеси. По завершении фазы плавления объем расплавленного вещества составляет приблизительно 50-70 % от объема исходных сырьевых материалов из-за выхода газообразных составляющих.

Освобождение от газовых пузырей и гомогенизация

Расплавленная стекломасса должна быть однородной и полностью освобождена от газовых пузырей (осветление стекломассы) прежде чем начинать выработку продукции из стекла. Полное растворение и равномерное распределение всех компонентов, гомогенизация расплава и удаление газовых пузырьков из расплавленного стекла напрямую влияют на качество изделий.

Только после варки или плавления сырья, будет сформировано вязкое расплавленное вещество с растворенными газами (воздух, CO_2) и более мелкими (мелкие пузырьки - мошка) или большими пузырями газа. Для большинства изделий из стекла (листовое стекло, сортовое стекло, непрерывное стекловолокно, тарное, оптическое и специальное стекло), чтобы достичь необходимого качества стекла все или почти все эти пузырьки должны быть удалены. Газы находятся в стекломассе в двух видах: в растворенном (невидимом) и в свободном (видимом) состоянии. В видимом состоянии газы образуют в стекле крупные и мелкие пузыри. Задача процесса стекловарения на этапе осветления состоит в том, чтобы свести к допустимому минимуму число пузырей в готовом стекле.

Существуют три источника пузырьков в стекле: химически связанные газы шихты; адсорбированные газы шихты; газы пламенного пространства стекловаренной печи. В шихте для обычного стекла заключено в карбонатных и других компонентах около 20 % химически связанных газов (CO_2 и др.) и некоторая часть адсорбированных газов (O_2, N_2 и др.).

В процессе силикатообразования большая часть газов поступает в печное пространство и удаляется с дымовыми газами в атмосферу. Меньшая часть газов остается в расплаве стекла.

Газы пламенного пространства стекловаренной печи при определенных условиях могут частично растворяться в расплаве стекла (CO_2, H_2O и др.).

Гомогенизации расплавленного стекла можно также помочь, вводя пузырьки газа пара, кислорода, азота или более распространенного воздуха с помощью оборудования, расположенного в нижней части резервуара. Это способствует циркуляции и перемешиванию стекла и улучшает теплопередачу.

Состояние окисления-восстановления стекла

Состояние окисления-восстановления стекла является важным технологическим аспектом процесса варки стекла, оказывая влияние на стадию осветления расплавленного стекла, цвет стекла и его оптические характеристики поглощения и пропускания в различных областях спектра.

Состояние окисления-восстановления стекла часто измеряется, определяя равновесное давление кислорода (pO_2) расплавленного вещества (парциальное давление в равновесии с растворенным кислородом). Количество растворенного кислорода в расплавленном веществе зависит главным образом от наличия и количества окисляющих веществ (подводимый кислород) или восстановители (реагирующие с кислородом и поглощающие его) в химическом составе шихты. Среди окисляющих веществ наиболее важными являются сульфаты, нитраты и поливалентные ионы в их наиболее окисленном состоянии (например, Fe_2O_3, Sb_2O_5, As_2O_5, SnO_2, CeO_2). Типичные восстановители являются органическими соединениями (главным образом присутствующие в привозном стекольном бое), углерод, сульфиды и редуцированные формы поливалентных ионов.

Состояние окисления-восстановления и присутствие определенных поливалентных ионов в расплавленном веществе могут влиять на количество тепла, поглощенного стеклом и, следовательно, на процесс плавления и формования.

Режим варки стекла, вызывающий смещение окислительно-восстановительных условий в ту или иную сторону, часто влечет за собой значительное повышение испарительного переноса из стекловаренной печи, с последовательно потенциальным увеличением твердых и газообразных выбросов. Это явление может быть особенно очевидным для выбросов оксидов серы. Уменьшение поверхности расплавленного стекла, вызванное уменьшением пламени огонь, может усилить испарение щелочи (повышенная кор-

розия сверхструктурных материалов) и увеличить уровни химического состава пыли в топочных газах.

Студка стекломассы

Завершающим этапом стекловарения является студка. Прн этом температура стекломассы снижается (на 300—400°С) до температуры, необходимой для формования.

Главное условие во время охлаждения—непрерывное медленное снижение температуры без изменения состава и давления газовой среды. Нарушение этого условия может вызвать сдвиг установившегося равновесия газов и образование так называемой вторичной мошки. Для усиления охлаждения стекломассы применяют разные преграды по стекломассе и по газовому пространству ванной печи. Назначение преград — ослабить конвекционные потоки и ограничить передачу

тепла из варочной в студочную часть печи. Эти приемы не должны вызывать термическую неоднородность стекломассы, которая может явиться причиной расстройства работы формующих машин и нарушения производства.

2.3 Печи для варки стекла

Выбор печи для технологических режимов варки зависит от многих факторов, но особенно от их производительности, химического состава стекла, существующей инфраструктуры и экологической эффективности.

- Для печей большой производительностью (> 500 т/сутки) почти всегда используются стекловаренные ванные регенеративные печи с поперечным направлением пламени.
- Для печей средней производительностью (100 - 500 т/сутки), применяют стекловаренные ванные регенеративные печи с торцевым направлением пламени, хотя в зависимости от обстоятельств могут также использоваться стекловаренные ванные регенеративные рекуперативные печи с поперечным направлением пламени с активным перемешиванием стекломассы, и в некоторых случаях стекловаренные печи с использованием горения топлива в кислороде или электрические стекловаренные печи.
- Для печей малой производительности (25 - 100 т/сутки), обычно используются стекловаренные ванные рекуперативные печи с активным перемешиванием стек-

ломассы, электрические стекловаренные печи и стекловаренные печи с использованием горения топлива в кислороде.

Существует много используемых конструкций печи, и они обычно отличаются с точки зрения метода нагревания, используемой системы предварительного нагрева воздуха для системы сгорания и расположения горелки.

Стекольное производство является очень энергоемкой отраслью и выбор источника энергии, технологии нагрева и метода рекуперации тепла является центральным в конструкции печи. Основными источниками энергии для стекольного производства являются природный газ, жидкое топливо и электричество.

Использование природного газа увеличивается в стекольной промышленности из-за его экономичности, высокой степени чистоты, лёгкости регулирования и из-за отсутствия требований к складским сооружениям. По сравнению с жидким топливом газ дает меньшие выбросы сернистого ангидрида и CO_2, но часто он связан с более высокими выбросами окиси азота.

Большинство типов жидкого топлива, используемых для процесса варки стекла, нуждается в предварительном нагреве до 110-120 °С для того, чтобы получить достаточно низкий уровень вязкости для перемещения, транспортирования и распыления через наконечники горелки.

Третьим источником энергии для стекольного производства является электроэнергия. Электричество может использоваться или как исключительный источник энергии или в сочетании с органическим топливом.

2.3.1 Регенеративные печи

Термин «регенеративная» имеет отношение к форме системы рекуперации тепла, используемой в стекольном производстве. Органическое топливо для горения горелок обычно располагается в или ниже отверстий для прохода воздуха для системы сгорания/отработавшего газа. Тепло в отработавших газах используется для предварительного подогрева воздуха перед сгоранием. Это достигается прохождением отработавших газов через камеру, содержащую огнеупорный материал, который поглощает тепло. В печи одновременно зажигают только одну из двух установленных горелок. После пред-

варительно определенного периода, равного обычно 20 минутам, реверсируется цикл возбуждения печи, и воздух для системы сгорания пропускается через камеру, ранее нагретую отработавшими газами. У регенеративной печи имеются две камеры регенератора; в то время как одна камера нагревается отработавшим газом от процесса сгорания, другая предварительно подогревает входящий воздух для системы сгорания. Типичные температуры подогрева воздуха (в зависимости от количества портов) обычно лежат в диапазоне 1200-1350 °C, иногда они доходят до 1400 °C.

На рисунке 2.1 показана схема стекловаренной регенеративной печи с поперечным направлением пламени.

Рисунок 2.1: Стекловаренная регенеративная печь с поперечным направлением пламени

В стекловаренной регенеративной печи с поперечным направлением пламени пламенные окна и горелки расположены вдоль боковых поверхностей печи, камеры регенератора находятся с обеих сторон печи и подсоединены к печи через горловины пламенных окон. Пламя проходит над расплавленным материалом и непосредственно в расположенные напротив пламенные окна. Этот тип конструкции, эффективно использующий многочисленность горелок, особенно подходит для большой установки, облегчая дифференцирование температуры на протяжении печи, необходимое чтобы стимулировать необходимые конвекционные потоки в расплавленном стекле. На рисунке 2.2 показано поперечное сечение регенеративной печи.

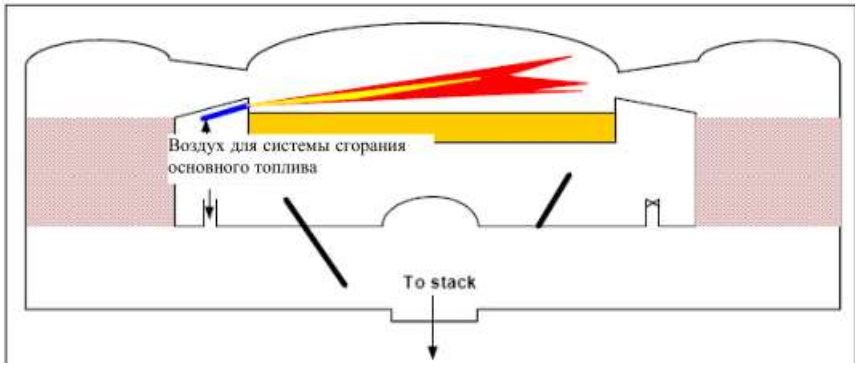


Рисунок 2.2: Поперечное сечение регенеративной печи

В стекловаренной регенеративной печи с торцевым направлением пламени принципы работы такие же; однако, две регенеративные камеры расположены в одном конце печи каждая с отдельным пламенным окном. Путь пламени имеет U-образную (подковообразную) форму, возвращаясь к расположенной рядом камере регенератора через второе пламенное окно. Это расположение позволяет получить регенеративную систему в некоторой степени более дешевую по сравнению со стекловаренными печами с торцевым направлением пламени, но имеет меньшую гибкость для регулировки температурного режима печи и, таким образом, менее предпочтительна для больших печей.

Как правило, стекловаренные регенеративные печи с торцевым направлением пламени имеют более низкое энергопотребление, чем стекловаренные регенеративные печи с поперечным направлением пламени.

В большинстве стеклотарных заводов используются стекловаренные ванные регенеративные печи с торцевым направлением пламени или с поперечным направлением пламени, и все печи для варки флоат-стекла имеют конструкцию стекловаренной регенеративной печи с поперечным направлением пламени. Температуры подогрева обычно находятся в диапазоне 1300 – 1350 °C, наиболее высокие значения доходят до 1400 °C, что обеспечивает очень высокий тепловой коэффициент полезного действия.

2.3.2 Рекуперативные печи

В рекуперативных стекловаренных печах входящий холодный воздух предварительно подогревается непрерывным потоком отработавшего газа через металлический или керамический теплообменник. Температуры подогрева воздуха ограничиваются

температурами около 800 °С для металлических рекуператоров, и тепло, восстановленное этой системой, таким образом, ниже, чем для регенеративной печи. Более низкое значение прямой эффективности использования энергии может компенсироваться дополнительными системами рекуперации тепла на отработавших газах, предназначенных либо для предварительного подогрева сырья или для производства пара. Однако, одно последствие - то, что определенная максимальная производительность стандартных стекловаренных рекуперативных печей ограничивается 2 т/м^2/сутки по сравнению с как правило 3,2 т/м^2/сутки для регенеративной печи в секторе стеклянной тары. Этот недостаток производительности стекловаренной печи можно частично компенсировать путем применения дополнительного электроподогрева.

Этот тип печи, прежде всего, используется там, где требуется высокая гибкость применения с минимальными первоначальными капитальными издержками, в частности там, где масштаб производства слишком мал, чтобы сделать использование регенераторов экономически целесообразным. Рекуперативные печи более подходят для установки небольшой емкости, хотя печи с более высокой емкостью (до 400 тонн в сутки) не являются редкостью.

2.3.3 Печи с использованием горения топлива в кислороде

Эти печи предусматривает замену воздуха для системы сгорания кислородом (> 90 % чистоты). Удаление большей части азота из атмосферы сгорания уменьшает объем отработавших газов, которые почти полностью состоят из диоксида углерода и водяного пара, примерно до двух третей. Поэтому, можно достигать энергосбережения, потому что нет необходимости нагревать атмосферный азот до температуры пламени. Образование термоокисла азота значительно снижается, потому что азот, присутствующий в атмосфере сгорания, только является остаточным азотом в кислороде, азотом в топливе, азотом от разложения на компоненты нитрата, и азотом из какого-либо подсасываемого воздуха.

Как правило, печи с использованием горения топлива в кислороде имеют такую же базовую конструкцию, как и стекловаренные печи с активным перемешиванием стекломассы, и имеют несколько боковых горелок и единственное выходное отверстие для отработавшего газа. Однако в печах, предназначенных для горения топлива в кисло-

роде, не используются системы рекуперации тепла для предварительного подогревания кислородного питания горелок.

Хотя печи с использованием горения топлива в кислороде хорошо обоснованы для некоторых секторов стекольной промышленности (например, стекловолокно из непрерывной нити, некоторые типы специального стекла), другими секторами считаются развивающейся технологией из-за потенциально высоких финансовых рисков. Однако, выполняются значительные опытно-конструкторские работы, и такие печи получает все более широкое распространение по мере того как увеличивается количество предприятий.

2.3.4 Электрические печи

Электрическая печь состоит из огнеупорного облицованного корпуса, поддерживаемого стальным каркасом с электродами, вставленными либо сбоку, либо сверху либо, чаще в нижней части печи. Энергия для плавления обеспечивается с помощью резистивного нагревания по мере того как, ток проходит через расплавленное стекло. Однако необходимо использовать органическое топливо при разжигании печи в начале каждой кампании. Печь работает непрерывно и имеет срок эксплуатации от 2 до 7 лет. Верхняя часть расплавленного стекла покрывается слоем сырьевого материала, который постепенно плавится снизу вверх, отсюда термин стекловаренная печь с холодным сводом. Новый сырьевой материал добавляются сверху печи, обычно системой конвейеров, которая пересекает всю поверхность. Большинство электрических печей снабжаются системами мешочных пылеуловителей, и собранный материал повторно используется в стекловаренной печи.

Данные печи обычно применяется для варки специального стекла. Главная причина этого состоит в том, что тепловой коэффициент полезного действия печей, работающих на природном топливе, уменьшается с размером печи, и тепловые потери в расчете на тонну расплавленного вещества в небольших печах может быть весьма высоким. Тепловые потери от электрических печей гораздо меньше, и для более малых печей различие в затратах на варку стекла между электрическими и нагревающимися органическим топливом стекловаренными печами поэтому меньше, чем для больших печей. Иные преимущества электроварки для небольших стекловаренных печей включают в

себя меньшие затраты на переоборудование, сравнительную простоту в эксплуатации и лучшую экологическую эффективность относительно прямых выбросов. Имеется верхний предел для экономической целесообразности электрических печей, которая близко связана со сложившейся стоимостью электричества, по сравнению с органическим топливом. Электрические печи обычно могут достигать большей производительности расплавления в расчете на квадратный метр печи, и тепловой коэффициент полезного действия электрических печей (исходя из энергии, подаваемой печи, а не на основании первичной энергии, необходимой для генерирования электричества) в два - три раза выше, чем для печи, работающей на природном топливе.

Отсутствие сгорания при электроварке означает, что объемы отработавшего газа чрезвычайно низки, что приводит к низкому механическому выносу макрочастиц и уменьшение размера оборудования для снижения вторичных выбросов. Выбросы летучих компонентов шихты, значительно ниже, чем в стандартных печах благодаря уменьшенному выделению газа и поглощению, и реакции газообразных выбросов в слое шихты. Основными газообразными выбросами являются диоксид углерода из углеродсодержащих сырьевых материалов.

Сложности с электроваркой заключаются в использовании нитрата натрия или нитрата калия в шихте. Общим в стекольной промышленности является то, что нитрат требуется в стекловаренных печах с холодным сводом, чтобы обеспечить необходимые окислительные условия для устойчивого, безопасного и эффективного производственного процесса. Проблема с нитратом состоит в том, что он разрушается в печи, высвобождая оксиды азота.

2.2.5 Печи с использованием природного газа и электроподогрева

Имеются два основных подхода: преимущественно разжигание органического топлива с дополнительным электроподогревом; или преимущественно электрическое нагревание с поддержкой органическим топливом. Ясно, пропорция каждого типа подводимого тепла может меняться в зависимости от каждой технологии.

Дополнительный электроподогрев – это метод локального подвода дополнительного тепла к расплавленному стеклу в стекловаренной печи путем прохождения элек-

трического тока через электроды, расположенные в боковых стенках (горизонтальные электроды) или через нижнюю часть (вертикальные электроды) ванной стекловаренной печи. Главным образом используются стержневые электроды, но пластинчатые электроды также применяются в стекольной промышленности. Технология широко используется в печах, работающих на природном топливе в стекольной промышленности. Традиционно, дополнительный электроподогрев используется для увеличения производительности печи, работающей на природном топливе. Технология может быть применена во время работы печи, и она часто используется для поддержания скорости удельного съёма стекломассы печи по мере того, как приближается конец срока ее службы, или при увеличении емкости существующей печи.

Дополнительный электроподогрев может также использоваться для уменьшения прямых выбросов печи путем замены сгорания электрическим нагреванием для данного удельного съема стекломассы. Обычно 5 – 20 % полной потребляемой мощности должны обеспечиваться дополнительным электроподогревом, хотя могут быть достигнуты и более высокие значения. Переменные уровни дополнительного электроподогрева часто используются при производстве цветного стекла из-за недостаточной передачи теплового излучения зеленым и желтым стеклом. В случае дополнительного электроподогрева, электроды обеспечивают дополнительное тепло, особенно в нижних слоях расплавленного стекла в ванной стекловаренной печи.

2.3.6 Печи периодического действия

Там, где требуются меньшие объемы стекла, особенно, если химический состав стекла регулярно изменяется, может быть невыгодным использовать печь непрерывного действия. В этих вариантах используются горшковые печи или ванные печи периодического действия для плавления небольших порций шихтовых смесей.

Горшковая печь обычно делается из огнеупорного кирпича для внутренних стен, силикатного кирпича для сводчатого свода печи и теплоизоляционного кирпича для внешних стен. В основном котловая печь состоит из нижней секции для предварительного подогрева воздуха для системы сгорания (либо регенеративной, либо рекуперативной системы), и верхней секции, которая удерживает стекловаренные горшки и служит

в качестве плавильной камеры. Верхняя секция удерживает шесть-двенадцать стекловаренных горшков из огнеупорной глины, в которых могут плавиться различные типы стекла.

Имеются два типа стекловаренных горшков: открытые стекловаренные горшки и закрытые стекловаренные горшки. У открытых стекловаренных горшков нет верхней части, и стекломасса открыта для атмосферы печи. Закрытые стекловаренные горшки закрытого типа, и единственный проход через наборное окно. Емкость каждого стекловаренного горшка обычно колеблется в интервале 50 - 500 кг, со сроком эксплуатации 2 - 3 месяца при условии непрерывной работы.

Ванные печи периодического действия получили дополнительное усовершенствование на основе горшковых печей для получения большей емкости, равной приблизительно 10 тонн в сутки. Конструктивно они очень напоминают четырехугольник обычной печи, но, тем не менее, пополняются шихтой каждый день. Варка стекла обычно выполняется ночью, и стекломасса поступает в производство на следующий день. В указанных печах возможно за короткий срок изменять состав стекломассы и прежде всего они используются для варки различных цветных, хрустальных и оптических стекол, специальных составов и фритт (керамическая и эмалевая фритта).

2.4 Стеклянная тара

Типовой химический состав стеклянной тары приведен в Таблице 2.2.

Таблица 2.2

Компонент	Массовая доля, %
Оксид кремния (SiO_2)	71 - 73
Оксид натрия (Na_2O)	12 - 14
Оксид кальция (CaO)	9 - 12
Оксид магния (MgO)	0.2 - 3.5
Оксид алюминия (Al_2O_3)	1-3
Окись калия (K_2O)	0.3 - 1.5
Трёхокись серы (SO_3)	0.05 - 0.3
Красители, осветлители и обесцвечиватели	0,2-3

Наиболее важные параметры, которые необходимо принимать во внимание при проектировании процесса: тип и емкость печи (включая регенераторы), сочетание используемых источников энергии (газ, электроэнергия), прогнозируемое использование

стекольного боя и необходимая универсальность (цвет, вес и форма готовых изделий и т.д.).

Наиболее распространенной при изготовлении стеклянной тары является стекловаренная регенеративная печь с торцевым направлением пламени. Производительность печи составляет 300 - 350 т/сутки.

Основными способами формования стеклянной тары являются выдувание и прессовыдувание стекла. В процессе формования стекломасса проходит следующие стадии:

1. получение капли стекла соответствующей массы и температуры;

2. формование в первой пресс-форме (черновая форма) давлением сжатого воздуха (выдувание), или металлического плунжера (прессование) (формирование черновой пульки);

3. передача черновой пульки в окончательную пресс-форму (чистовая форма);

4. процесс окончательной выдувки изделия сжатым воздухом;

5. снятие готового изделия для охлаждения потоком воздуха.

6. отжиг изделий.

Схематично способы формования показаны на рисунке 2.3.

Во время процесса формования температура стекломассы уменьшается до 600 °С. Отвод тепла достигается с помощью больших объемов воздуха, продуваемого через стеклоформы.

Быстрое охлаждение наружной поверхности изделий создает высокие дифференциальные напряжения в стекле и, как результат – хрупкость. Чтобы это устранить, изделия пропускают через печь отжига непрерывного действия (печь для отжига стекла), где они повторно нагреваются до 550 °С, затем охлаждаются в контролируемых условиях, чтобы предотвратить дополнительные напряжения. Печи для отжига стекла нагреваются газом или электричеством, но как только они доводятся до рабочей температуры, тепло от поступающих изделий обеспечивают большую часть тепловой энергии. Как только изделия достаточно охлаждены, они проверяются автоматической отбраковкой на наличие изделий, не соответствующих установленным допускам и требованиям. После проверки изделия собираются на поддоны либо в картонные коробки, упаковываются и хранятся перед транспортированием пользователю.

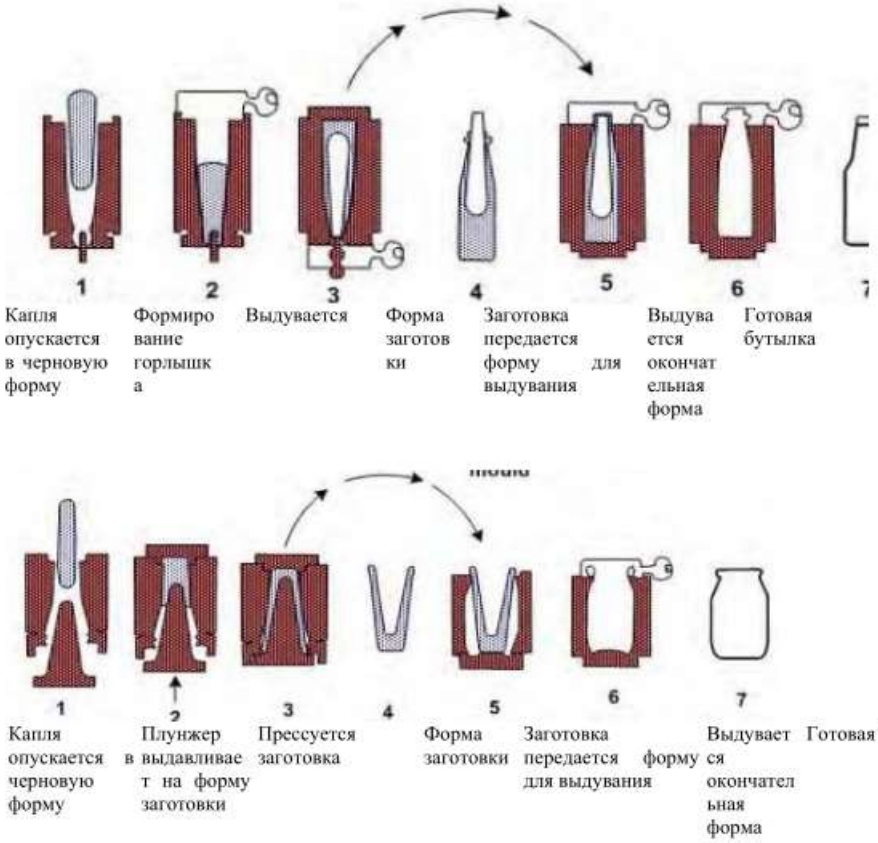


Рисунок 2.3: Способы формования стеклянной тары

Общая производительность технологической линии определяется коэффициентом (выраженным в процентах) выхода готовых к упаковке изделий, то есть отношение тоннажа упакованных изделий (для транспортирования) к тоннажу стекла, плавившегося в печи. Установка, производящая тару для продовольствия и напитков обычно достигает коэффициентов от 85 % до 94 %. Флаконы и фармацевтические изделия подвергаются более строгому контролю, и коэффициент выхода готовых к упаковке изделий в среднем 70 %.

Для улучшения характеристик изделий, на их наружную поверхность, могут быть нанесены покрытия. Покрытия наносят либо сразу же за формованием, в то время как изделия все еще находятся при температуре выше 500 °C (нанесение покрытия на входе в печь для отжига стекла, часто с SnO_2), либо после отжига (нанесение покрытия на отожжённые изделия после выхода из печи, полимерное покрытие). Фактически всегда используется комбинация этих методов обработки.

Изделия проходит различные проверки, упаковку, распаковку, системы закладки и переупаковки. Чтобы предотвратить повреждение изделий на них в холодном конце

печи отжига стекла могут наноситься смазочные средства. Это могут быть продукты олеиновой кислотой и продукты на основе полиэтилена, которые наносятся с помощью распыления в виде разбавленной водной суспензии или контакта с парами. Эти методы обработки, как правило, не влекут за собой значительных выбросов.

Нанесенные покрытия сами по себе должны быть невидимыми и, таким образом, являются чрезвычайно тонкими. Толщина горячей обработки поверхности обычно составляют <0,01 мкм. Чтобы получить однородные покрытия этой толщины, обработка выполняется с помощью химического парофазного осаждения (CVD), с использованием безводных хлоридов олова или титана, или определенных металлоорганических соединений. Количество связанного материала низкое, приблизительно 2 - 10 кг/сутки в расчете на поточную линию в зависимости от рабочей скорости.

2.5 Листовое стекло

Листовое стекло - включает в себя все стекла, имеющие вид плоского прямоугольного листа независимо от способа изготовления. Однако, в связи с тем, что в настоящее время в России используется только одна технология производства листового стекла, применительно к целям настоящего документа, он используется для описания производства флоат-стекла. Другие методы производства больших количеств листового стекла для зданий и применения в автомобилях считаются в РФ устаревшими. Для выпуска большей части листового стекла используется состав стекла приведенный в таблице 2.3. Флоат-стекло получают в стекловаренных регенеративных печах с поперечным направлением пламени.

Таблица 2.3 Типовой химический состав листового стекла

Оксид	Массовая доля, %
Диоксид кремния (SiO_2)	72,6
Оксид натрия (Na_2O)	13,6
Оксид кальция (CaO)	8,6
Оксид магния (MgO)	4,1
Оксид алюминия (Al_2O_3)	0,7
Окись калия (K_2O)	0,3
Трехокись серы (SO_3)	0,17

Основной принцип флоат-процесса заключается в термическом формовании на расплаве металла стекла, имеющего ровные гладкие параллельные поверхности.

Флоат-ванна (или ванна) содержит расплавленное олово. Восстановительная атмосфера поддерживается путем вдувания смеси азота и водорода. Используют расплавленное олово, потому что это единственное вещество, имеющее плотность больше плотности стекломассы, которое остается жидкостью и без значительного давления паров в необходимом интервале температур.

Расплавленная стекломасса вытекает из печи вдоль канала с огнеупорной футеровкой. В конце канала стекломасса выливается в ванну расплава через специальный огнеупорный фланец ('переливной брус'), который обеспечивает правильное распространение стекломассы. Поток стекломассы управляется посредством регулируемого подвесного огнеупорного затвора в канале (передний 'занавес'). В месте, где стекло первоначально соприкасается с оловом, температура металла равняется приблизительно 1000 °C, охлаждаясь приблизительно до 600 °C на выходе ванны. По мере того, как стекломасса проходит поверхность ванны, стекло достигает однородной толщины и принимает почти идеальную ровность литого олова.

На рисунке 2.4 показана схема изготовления флоат-стекла.

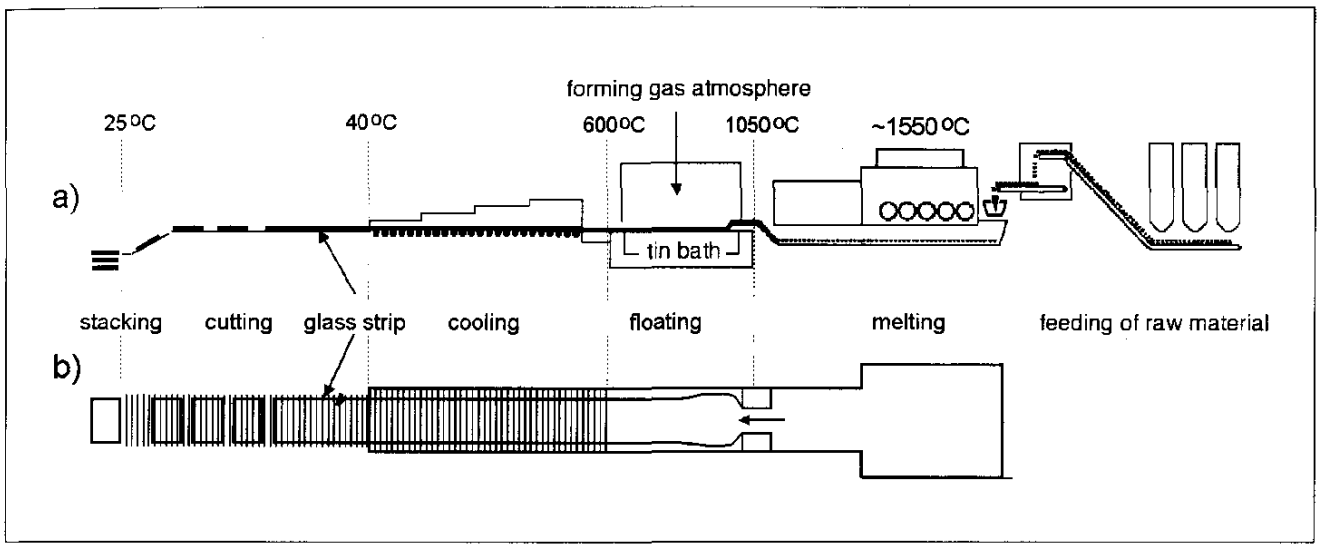


Рисунок 2.4 - Схема производства листового стекла методом термического формования на расплаве металла: a) вид сбоку, b) вид сверху

forming gas atmosphere - защитная газовая атмосфера; tin bath - ванна с оловом; stacking - упаковка; cutting - резка; glass strip - лента стекла; cooling - охлаждение; floating - формование ленты стекла; melting - варка стекломассы; feeding of raw material - подготовка сырьевых материалов

Во флоат-ванне расположены несколько пар верхних роликов с водяным охлаждением, регулируемых по направлению, высоте, проникновению и углу. Эти ролики захватывают ленту стекла с обеих краев зубчатыми колесиками и протягивают его в длину и ширину. Скорость потока стекломассы и скорости вращения роликов помогают регулировать толщину стекла, которая обычно составляет от 1,5 до 19 мм.

На выходе флоат-ванны лента стекла проходит через печь отжига стекла. Печь отжига стекла разделена на секции, в которых имеется нагрев и косвенное или прямое охлаждение с помощью принудительной и естественной конвекции. Стекло, таким образом, постепенно охлаждается с 600 до 60 °C, для уменьшения остаточных напряжений, которые возникают во время процесса формования, до требуемого уровня. Охлажденная лента стекла режется по длине перемещающимся режущим инструментом; угол режущего инструмента к линии зависит от скорости линии (90 °, если она не движется). Края ленты, на которых находятся отпечатки валка, отрезаются и повторно используются в печи в качестве стекольного боя. Листы стекла затем проверяют, упаковывают и хранят, либо для продажи, либо для вторичной обработки.

Для улучшения характеристик стекла (например низкоэмиссионное стекло) в процессе производства на стекло при высоких температурах производят осаждения химических веществ на стекло. Такой способ нанесения покрытия на стекло позволяет получить стекло с необходимыми характеристиками, покрытия имеют высокую адгезионную прочность, химическая стойкость и стойкость к истиранию близка к стойкости стекла.

2.6 Непрерывное стекловолокно.

Типовой химический состав стекловолокна для общего применения приведен в Таблице 2.4. Для производства нитей для стекловолокна предпочтительно использовать химический состав, приведенный в Таблице 2.5. Другие составы также используются

для производства непрерывных нитей, но только очень небольшое количество выпускаются в России.

Таблица 2.4 Типовой химический состав стекла стекловолокна для общего применения

Оксид	Массовая доля, %
B_2O_3	0 - 10
CaO	16 - 25
Al_2O_3	12 - 16
SiO_2	52 - 56
MgO	0 - 5
Общее количество оксидов щелочных металлов	0 - 2
TiO_2	0 - 1,5
Fe_2O_3	0,05 - 0,8
Фториды	0 - 1,0

Таблица 2.5 Типовой химический состав стекла стекловолокнистой пряжи, используемой в печатных платах и космосе

Оксид	Массовая доля, %
B_2O_3	5 - 10
CaO	16 - 25
Al_2O_3	12 - 16
SiO_2	52 - 56
MgO	0 - 5
Na_2O и K_2O	0 - 2
TiO_2	0 - 0,8
Fe_2O_3	0,05 - 0,4
Фторид	0 - 1,0

Стекломасса для непрерывного стекловолокна обычно варится в стекловаренных рекуперативных печах с поперечным направлением пламени, работающих на смеси воздух-органическое топливо. В то время как все еще имеются некоторые печи с дополнительным кислородным нагревом, основной тенденция является 100 % использование стекловаренных печей с горением топлива в кислороде. Как стекловаренные печи на смеси воздух-топливо, так и стекловаренные печи с использованием горения топлива в кислороде печи могут быть снабжены дополнительным электроподогревом. Регенеративные стекловаренные печи не используются.

2.7 Стеклянная посуда

Стеклянная является одним из наиболее диверсифицированных секторов в стекольной промышленности и охватывает широкий диапазон продукции, а также технологических процессов, начиная от сложных ручных операций по выпуску отдельных изделий из декоративного хрусталя, до больших объемов продукции с использованием высоко- механизированных методов для производства недорогих потребительских товаров массового спроса. Большая часть стеклянной посуды производится из натрий-кальций-силикатного стекла, имеющего состав подобный тарному стеклу. Однако его состав более сложный, ввиду специфических требований качества, и более разнообразных процессов формования.

Процесс формования разделяется на категории: на стеклоформующих машинах и ручное, либо полуавтоматическое. Стекло из печи подается через один или более выработочных каналов в стеклоформующую машину (СФМ), где изделия формуются с использованием форм. Техника точности формования зависит от размера изделия, подлежащего изготовлению. Существует четыре основных метода формования: прессовыдувание, выдувание, прессование и вытягивание. Первые два метода одинаковые применительно к стеклянной таре (см. раздел 2.4), поэтому здесь далее не описываются, хотя конструкция машин и условия работы (скорость, требования к качеству) отличаются.

Процесс прессования сравнительно простой, и он используется для совсем мелких изделий, у которых горлышко шире или равно ширине основания. Такой процесс прессования показан на рисунке 2.5. Входная температура расплавленного стекла изменяется в зависимости от состава, но для натрий-кальциевого стекла она обычно составляет 1150 °C.

Процесс вытягивания показан на рисунке 2.6 и используется для получения изделий круглого сечения, таких как тарелки и мелкие чаши (миски). Капля стекла опускаются в форму, которая затем вращается, и формируется изделие в результате действия центробежной силы.

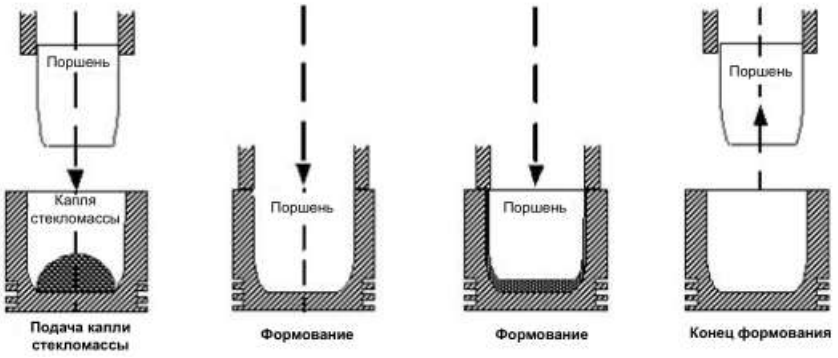


Рисунок 2.5 Процесс прессования для формования изделий из стекла

1- ая стадия – подача капли стекла; 2 – ая и 3-ья стадии - формование; 4 – ая стадия – конец формования

Рисунок 2.6 Процесс вытягивания для формования изделий из стекла

Показаны три формы. 1 –капля стекломассы, форма без движения; 2 – вращение формы; 3 – конец вращения

Отформованные изделия обычно обрабатывают огнем и полируют (шлифуют) для придания требуемого качества поверхности. Необходимая очень высокая температура обеспечивается с помощью газокислородного или, в некоторых случаях, кислородно-водородного поджига. После поджига изделия пропускают через печь отжига, и на их поверхности могут наноситься покрытия. Операции отжига и нанесения холодного покрытия подобны рассмотренным ранее для стеклотары, поэтому далее они здесь не рассматриваются (см. Раздел 2.3). В ряде случаев изделия пропускают не через печь отжига, а через закалочную печь, чтобы повысить их механическую устойчивость и термостойкость.

Для изделий ручной работы с помощью трубку получают небольшую заготовку, пульку, которая для получения нужной формы формуется с использованием деревянных

или металлических форм. Изделия переносят в печь отжига, чтобы исключить любые внутренние напряжения. При полуавтоматическом производстве некоторые этапы процесса (комплектование, формовка и обработка) выполняются с помощью машин или роботов.

После того, как были получены основные изделия, далее они могут подвергаться отделке с использованием одной или более операций. Некоторые из них описываются ниже.

Огранка предусматривает нанесение заранее выбранного резного орнамента на изделия из простого стекла с помощью шлифовального круга, шаржированного алмазом.

После огранки стекло приобретает серый цвет и его поверхность имеет необработанный вид. Поверхность стекла восстанавливается в ее первоначальном виде в результате погружения стекла в полировальную ванну с фтористоводородной и серной кислотами. На поверхности стекла образуется белый наружный слой, состоящий из сульфата свинца. После ополаскивания в горячей воде стекло восстанавливается и имеет прежний блестящий вид.

С поверхности полировальной ванны происходит испарение фтористого водорода и SiF_4 .Эти пары обрабатываются в башенных скруберах. В процессе операции образуется гексафторкремниевая кислота (H_2SiF_6) обычной концентрации, достигающей 35 % , а кислая промывочная вода затем нейтрализуется. В качестве альтернативы возможно восстановление H_2SiF_6 и, где это допустимо, ее использование в качестве запаса для химической промышленности. Кислая промывочная вода также требует периодической нейтрализации.

Для создания художественной выразительности может использоваться большое разнообразие технических приемов. Они включают декорирование с использованием эмалей, обработку с помощью пескоструйных аппаратов, либо травления кислотой, а также гравирование. Объемы выбросов в результате этих операций небольшие в сравнении с основными производственными стадиями.

2.8 Специальное стекло

Производство специального стекла отличается большим разнообразием и охватывает широкий диапазон продукции, которая может существенно различаться по своему

составу, способам изготовления и конечного использования. Можно считать, что многие изделия пересекаются с продукцией других секторов, в особенности сектора стеклянной посуды, в части боросиликатного стекла. Основная продукция включает электровакуумное, оптическое, медицинское, термометрическое, радиационностойкое и другие виды стекол.

В таблице 2.6 показаны ориентировочные химические составы основной стекольной продукции сектора специального стекла. Ввиду диверсификации продукции, в секторе используется широкий ряд методов варки. Наиболее часто используются – рекуперативные, газокислородные, электрические стекловаренные печи. В некоторых случаях используются также регенеративные печи. Следует отметить, что температура плавления специального стекла может быть выше, чем для обычной массово производимой продукции. Боросиликатное стекло и стеклянная керамика требуют особенно высокой температуры, превышающей 1650 °C. Такая высокая температура и сложный состав изделий могут привести к более масштабным выбросам в окружающую среду на тонну производимой продукции, например, для натрий-содержащих изделий. Меньшие объемы продукции в сочетании с высокой температурой означают также меньшую энергоэффективность и более короткий срок эксплуатации печей в данном секторе.

Основными методами, используемыми для формования специального стекла, являются:

- процесс прессовыдувания (боросиликатное стекло, столовая и кухонная посуда)
- процесс роторного формования (боросиликатное стекло, компоненты для ламп)
- процесс выдувания (боросиликатное стекло, стеклянная посуда)
- процесс проката (керамическое плоское стекло, ситаллы)
- процесс прессования (стекло электротехническое – колпаки, рассеиватели и т.д.)
- процесс непрерывного вытягивания стекла, трубы (колбы для ламп)
- процесс вытягивания (боросиликатное стекло)
- процесс горячей экструзии (прессования) труб по методу Даннера и Веллоу (стеклянные трубки (дроты), включая осветительные приборы)

- процесс отливки (блоки оптического стекла и некоторые специальные изделия)
- процесс вытягивания (тонкопленочные стекла, например, стекла для дисплеев, боросиликатное стекло)
- процесс полирования листового стекла (боросиликатное стекло)

Процессы прессовыдувания и выдувания по существу такие же, как это описано для сектора стеклянной тары (см. раздел 2.4).

Колбы для ламп изготавливают на основе процесса непрерывного вытягивания листового стекла. Лента стекла образуется путем прокатки текущей стекломассы между двумя валиками, охлаждаемыми водой. После прохождения между валиками стеклянная лента пропускается через машину с мерной диафрагмой, где формируется непрерывная лента с продавленными отверстиями (лунками). Поскольку лента движется вперед, то она проходит мимо последовательной цепочки выдувных головок, находящихся сверху, причем каждая головка совпадает с лункой в ленте. Путем выдувания головка обдувает стекло, находящееся в лунке, и стекло формуется в колбу внутри вращающейся формы и охватывает ее снизу по окружности. Двигаясь вперед по ленте, образованная колба освобождается из своей формы, охлаждается воздухом, а затем снимается с ленты и переносится на конвейерную ленту. Колба проходит печь отжига и снятия напряжений, и далее следуют охлаждение, технический контроль и упаковка. Можно достичь объема производства свыше 1000 колб в минуту.

В целях производства изделий с точным допуском на размеры, применительно к стеклам, имеющим крутую кривую вязкости, либо тенденцию к кристаллизации, можно использовать экструзию. Такой метод экономичен для производства различных типов полных и полых профилей с острыми краями в поперечном сечении, необходимых для промышленных нужд. Используя методы экструзии слоистых материалов, можно сочетать два или три типа стекол для производства, например, различных компонентов в оболочке химически стойкого стекла.

Для непрерывного вытягивания стеклянных труб наиболее часто используют метод Даннера. Непрерывный поток стекломассы протекает через слегка наклоненный медленно вращающийся огнеупорный сердечник, называемый раскаткой Даннера. В нижней части раскатки образуется полый баллон, из которого извлекается трубка (тю-

бинг). Сам сердечник обдувается воздухом, трубка поддерживает полое пространство в стекле. После перевода в горизонтальное положение затвердевающая трубка перемещается на роликовый транспортер к подъемному устройству, за которым она разрезается на отдельные части длиной 1.5 м, а иногда длиннее. Такие машины могут производить более 3 м стеклянных труб в секунду.

Процесс Веллоу – второй наиболее широко распространенный процесс, имеющий такую же производительность, что и процесс Даннера. Стекломасса из печи течет вдоль камеры подогрева вниз через отверстие (кольцо); пустое пространство в стекломассе поддерживается с помощью трубки с конусообразным отверстием (раструбом), расположенным внутри кольца. Неподвижная мягкая трубка переводится в горизонтальное положение и вытягивается вдоль роликового транспортера, охлаждается и разрезается, как было описано в процессе Даннера.

Разновидностью процесса Веллоу является процесс вытяжки вниз, который можно использовать для производства труб диаметром до 360 мм. Стекло протягивается вниз через вакуумную камеру, и пропускается через уплотненную ирисовую диафрагму, вращающийся затвор которой может быть отрегулирован для различных апертур (отверстий). Четвертый процесс – это процесс вертикального вытягивания, при котором стеклянная трубка вытягивается вертикально вверх из вращающейся чаши. Область вытягивания защищена вращающимся керамическим цилиндром, один конец которого погружен в стекло. Полое пространство образуется с помощью воздушного сопла, расположенного ниже поверхности стекла. Этот метод особенно эффективен для производства толстостенных трубок большого диаметра.

Оптическое стекло может формироваться в блоки, либо прессоваться в виде цилиндров для создания заготовок (полуфабриката), которые затем продаются для дальнейшей обработки, Формы придания заданной формы путем шлифовки и полировки.

Таблица 2.6: Химический состав основных продуктов сектора специального стекла, массовая доля, %

Оксид	Стекло для ЭЛТ		Стеклянные трубки		Бороси-ликатное стекло, напр. для химич. посуды	Др. стекло для ламп		Стекло-керами-ка	Квар-цевое стекло	Оптическое стекло				Дру-гое, напри мер, диоды
	Панель	Трубка	Натрий-кальций-силикат-ное	Бороси-ликатное		Не-прозр. стекло	Колбы для ламп			Крон	Оптич. стекло	Фтори-стофос-фатное	Редко-земель-мель-ное	
SiO_2	60 – 63	53 – 55	69	67 – 81	70 – 81	63 – 68	73 – 75	55 – 70	99.9	35 – 70	25 – 60		0 – 28	35
Al_2O_3	2 – 3.4	1 – 5.2	2 – 4	2.0 – 7	2.3 – 5.5	3 – 3.5	1 – 4	15 – 25	0.005	0 – 10	0 – 15	0 – 15	0 – 3	
Fe_2O_3			0 – 1	0.01 – 2	0.01– 0.03	0.15		0 – 0.2						
CaO	0 – 3.2	0.9– 3.8	4 – 5	0.01– 1.5	0.01 – 1	1.4 – 8	0.5	0 – 4.0	0.001	0 – 10		0 – 10	0 – 25	
PbO		14 – 23									25 – 70			60
Sb_2O_3	0.15–0.8	0 – 0.35	0 – 0.9					0 – 2		0 – 0.3	0 – 0.1	0 – 0.1	0 – 0.2	
As_2O_3	0 – 0.3	0 – 0.3	0 – 0.06	0 – 0.06				0 – 1.5		0 – 0.3	0 – 0.3	0 – 0.1	0 – 0.1	
MnO_2				0.01 – 5										
MgO	0 – 1.2	0.6– 2.2	2 – 3	0.01– 0.5	0.01 – 0.5	1.4 – 4	0.5	0 – 1.0	0 – 3			0 – 5	0 – 1	
Na_2O	6.6 – 9.4	5.8– 6.7	9 – 16	3.5 – 12	3.4 – 6.5	9 – 10	3 – 4	0.5– 1.5	0 – 2	0 – 10	0.5– 10			
K_2O	6.6 – 8.4	7.8– 8.1	1 – 11	0.01– 2.5	0.5 – 1.5	6	1.5– 2.5		0 – 2	0 – 20	0.5 – 8			5.0
SO_3						0.2								
F						4.0 – 5.4				0 – 10		0 – 35		
B_2O_3			1	5 – 13	8 – 13	0 – 1.6	12 – 17	0 – 3		5 – 20		0 – 10	10 – 40	

Оксид	Стекло для ЭЛТ		Стеклянные трубки		Бороси-ликатное стекло, напр. для химич. посуды	Др. стекло для ламп		Стекло-керами-ка	Квар-цевое стекло	Оптическое стекло				Дру-гое, напри мер, диоды
	Панель	Трубка	Натрий-кальций-силикат-ное	Бороси-ликатное		Не-прозр. стекло	Колбы для ламп			Крон	Оптич. стекло	Фтори-стофос-фатное	Редко-земель-мель-ное	
BaO	8.3 – 13	0 – 2.5	1 – 6	0.01– 3.5		2.3 – 3		0 – 3		0 – 42	0 – 20	0 – 40	0 – 45	
ZnO	0 – 0.8	0 – 0.8				3 – 4.8		0 – 3		0 – 10		0 – 1	0 – 25	
SrO	2.2 – 8.8	0 – 0.5						0 – 1		0 – 5	0 – 5	0 – 20	0 – 5	
ZrO_2	0 – 2.3	0 – 0.2		0.01 – 1	0.01 – 1			0 – 2.5		0 – 1		0 – 35	0 – 10	
P_2O_5								0 – 8		0 – 50	0 – 20	0 – 35		
LiO_2								2 – 4			0 – 5		0 – 7	
SnO_2								0 – 1		0 – 1			0 – 1	
TiO_2				0.01 – 5	0.01 – 5			1 – 4		0 – 1	0 – 25		0 – 20	
CeO_2			0 – 1					0 – 1.3		0 – 3	0 – 3	0 – 1		
Nd_2O_3								0 – 0.3						
V_2O_5								0 – 0.5						
CsO											0 – 5			
Nb_2O_5											0 – 45		0 – 20	
La_2O_3													0 – 50	
Y_2O_3													0 – 10	

Оксид	Стекло для ЭЛТ		Стеклянные трубки		Бороси-ликатное стекло, напр. для химич. посуды	Др. стекло для ламп		Стекло-керами-ка	Квар-цевое стекло	Оптическое стекло				Дру-гое, напри мер, диоды
	Панель	Трубка	Натрий-кальций-силикат-ное	Бороси-ликатное		Не-прозр. стекло	Колбы для ламп			Крон	Оптич. стекло	Фтори-стофос-фатное	Редко-земель-мель-ное	
Ta_2O_5													0 – 20	
Gd_2O_3													0 – 15	
WO_3											0 – 10		0 – 3	
GeO_2											0 – 20			
Bi_2O_3											0 – 60			

2.9 Минеральная вата

Минеральные ваты делятся на две основные категории: стекловата и каменная вата. Химический состав минеральной ваты приведен в Таблице 2.7.

Таблица 2.7 Типовой химический состав минеральной ваты

Минеральная Вата	SiO_2	Щелочн. оксиды	Щелочноземельн. оксиды	B_2O_3	Окись железа	Al_2O_3	TiO_2	P_2O_5
Стекловата	57 – 70	12 – 18	8 – 15	0 – 12	<0.5	0 – 5	Следы	0 – 1.5
Каменная вата	38 – 57	0.5 – 5	18 – 40	Следы	0.5 – 12	0 – 23	0.5 – 4	0 – 1.5

2.9.1 Стекловата

На рисунке 2.7 показана типовая линия по производству стеклянной ваты

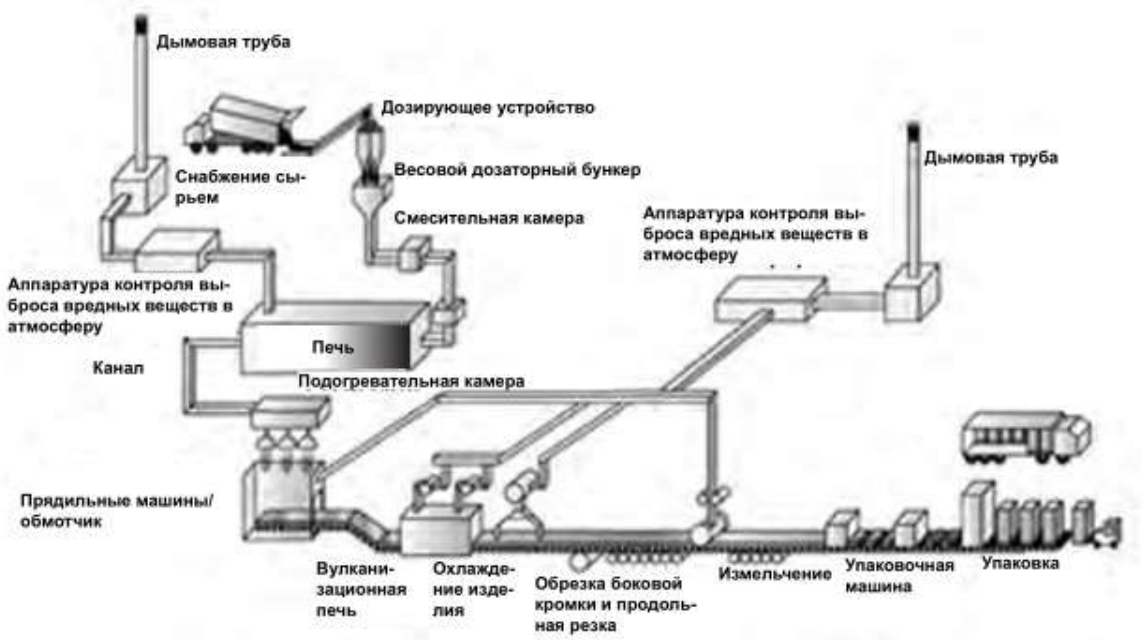


Рисунок 2.7 Типовая линия по производству стекловаты

Сырьевые материалы для производства стекловаты доставляются, в основном, в автоцистернах и пневматически загружаются в бункеры – накопители. Основные материалы для производства стекловаты включают: песок, соду, золу, доломит, известняк, сульфат натрия, нитрат натрия, а также минералы, содержащие бор и алюминий.

В большинстве процессов в качестве сырьевого материала используется также стеклобой. Для приготовления установленного состава, сырьевые материалы автоматически взвешиваются и смешиваются до состояния однородной массы. Взвешенная смесь

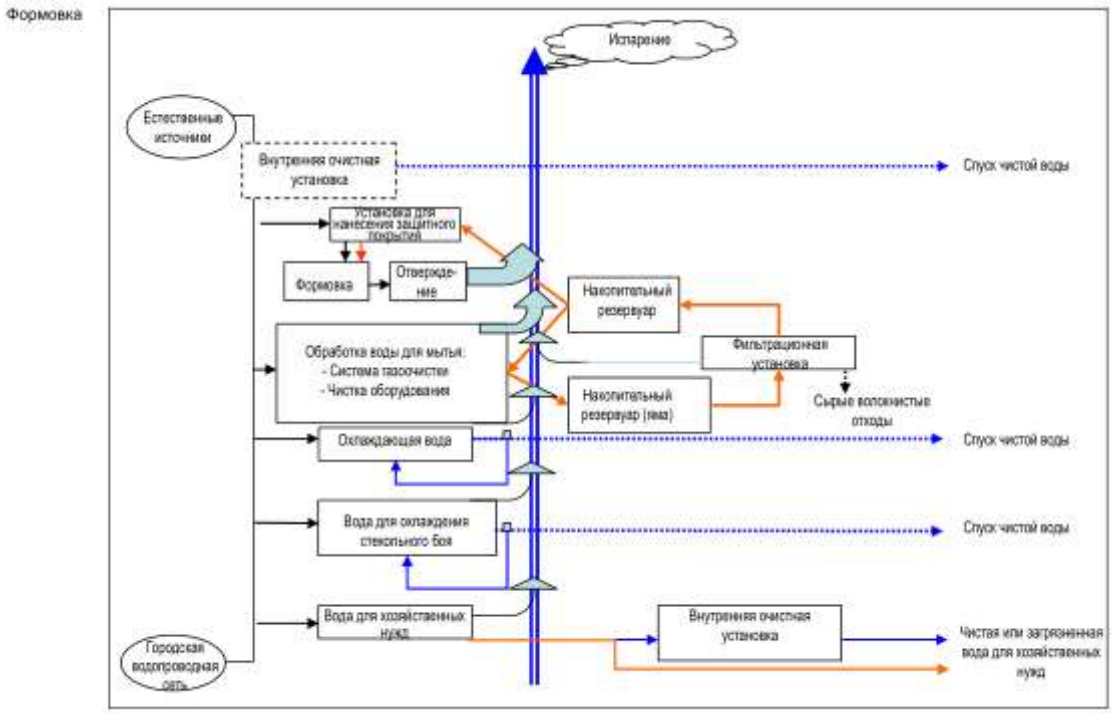
затем поступает в промежуточный бункер - накопитель, прежде чем она попадает в печь.

Печи используются (за редким исключением) электронагреваемые, рекуперативная печь на газе или реже – печь на газокислородной основе. Эта оборудование описано выше в разделе 2.3.

Расплавленная стекломасса, вытекая из печи, направляется вдоль камеры подогрева с огнеупорной футеровкой и выливается через несколько (обычно от одного до десяти) отверстий в специально созданные центрифуги - формирователи. Первичное фибриллирование происходит путем вращения с дальнейшим ослаблением скорости волокон с помощью горячих газов пламени обжиговой печи. Так образуется оболочка волокон различной длины и диаметра, произвольно переплетенных. Дальше следует прохождение через кольцо распылителя связующих веществ, который выпускает на волокна раствор фенольных связующих веществ на основе смолы и минеральное масло, чтобы обеспечить их сохранность, эластичность, прочность и качество обработки для конечного продукта.

Покрытые смазкой волокна вытягиваются под вакуумом на движущемся конвейере, образуя ковры (маты) волокон. Затем они проходят через газоподжигаемую печь при температуре приблизительно 250 ^{o}C, которая высушивает изделия и обеспечивает отвердевание связующих веществ. Далее продукт подлежит воздушному охлаждению и нарезанию, прежде чем он будет упакован. Крошка обрезанных краев может измельчаться и выдуваться обратно в покрытие волокон, либо она может соединяться с побочным продуктом, образуя рыхлую минеральную вату.

Вода впрыскивается во многих последующих процессах для защиты создающихся волокон и резинового материала, от возможного возгорания или блокировки каналов, а также удаления присоединившихся компонентов из дымового газа. Вода используется также для очистки ленты конвейера и других частей установки. Системы обработки воды представляет обычно замкнутый контур, т.е. она собирается, фильтруется и повторно используется для распыления (пульверизации), очистки и растворения связующих веществ. Типовая схема обработки воды в производстве стекловаты показана на рисунке 2.8. Значительная часть воды испаряется в результате следующих производственных операций: распыления, очистки оборудования. связующих веществ, очистки газовых отходов, а



также охлаждения.

Рисунок 2.8 Типовая схема циркуляции воды в производстве стекловаты

Водный баланс для обычного завода по производству стекловаты в нормальных условиях составляет от 3 до 5 м^3 воды на тонну производимой стекловаты. Почти вся эта вода выходит с предприятия в качестве пара, либо капелек взвешенных в воде газов через выводную трубу, либо в виде общего испарения.

При использовании воды для других нужд применяют системы обработки, такие как охлаждение воздухом, обратноосматические, ионного обмена и обезжиривания (удаления масел).

Связующее вещество готовится путем смешивания частично полимеризированной смолы с определенными добавками, которые улучшают эффективность ее использования, повышают вязкость со стеклом, препятствуют образованию пыли, придают водоустойчивость и способствуют растворению связующего вещества. До использования в покрытии связующее вещество разбавляют большим количеством воды (при наличии, производственной воды)

Наиболее часто используемая смола представляет собой отверждаемый нагрева-

нием продукт, включающий фенол, формальдегид и катализатор химической реакции. Смола имеет водную основу и обычно содержит до 50 % твердых частиц.

2.9.2 Каменная вата

На рисунке 2.9 показана типовая линия по производству каменной ваты

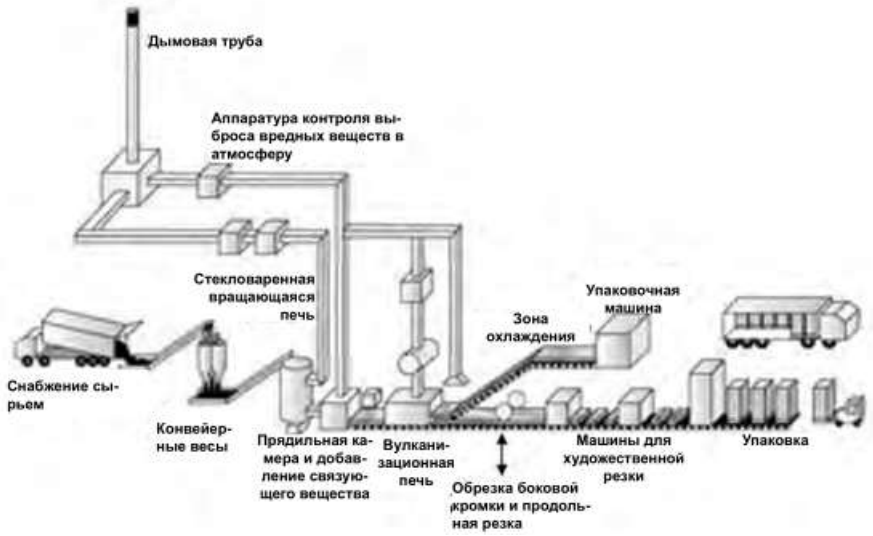


Рисунок 2.9 Типовая линия по производству каменной ваты

Наиболее распространенной технологией в производстве традиционной каменной ваты является использование вращающейся печи на коксе с подогревом дутья. Данная технология предусматривает плавление алюмосиликатной породы (обычно базальта) с известняком или доломитом, а иногда – с доменным шлаком. Порода имеет форму куска, что позволяет формирование воздухопроницаемых колонн материала в печи, и таким образом поддерживать процессы теплообмена. В обрабатываемой партии технологический цикл может повторяться, либо производственные отходы собираются в брикеты приблизительно такого же размера, что и куски породы. Сырьевые материалы, брикеты и кокс в форме кусков загружаются сверху в печь чередующимися слоями, либо в смешанном виде, заполняя печную трубу. Кокс, находящийся на дне печи воспламеняется и образует зону горения, в которой плавятся куски горной породы. Воздух, заранее подогретый теплообменником нисходящего тепла, а иногда и обогащенный кислородом,

накачивается в зону горения печи (на расстоянии от 1 до 2 метров от основания) через трубки (воздушные фурмы) в стенке печи. Это самая горячая часть печи, имеющая температуру приблизительно 2000 ^{o}C. Расплавленный материал собирается на дне печи, вытекает через желоб и течет через машину для вытягивания. Материал, находящийся сверху зоны горения и заранее нагретый выходящими из печи газами, попадает в зону горения и на его место вверху печи загружается новый сырьевой материал. Таким образом вращающаяся печь может почти непрерывно производить расплавленный базальт в течение двух или трех недель, прежде чем из нее удалят материалы, и она вернется к исходному состоянию. Базальт и, в меньшей степени, доменный шлак содержат окисное железо (Fe^{3+}) и закись железа (Fe^{2+}).

Расплав попадает на быстро вращающиеся колеса машины для вытягивания и выбрасывается в виде тонких волокон, производимых путем распыления (пульверизации). Вдуваемый под давлением позади колес воздух расслабляет волокна и направляет их на сборочный конвейер для формирования матрасов. Волокна покрываются водным раствором фенолформальдегидной смолы, с помощью ряда распыляющих форсунок, находящихся в машине. Сборочный конвейер находится под действием сильного вытягивания и выполняет три основные функции: он вытягивает волокна на ленту, удаляет загрязненный воздух в измельчающей камере и содействует рассеиванию фенолформальдегидных связующих веществ на матрасы. Фенолформальдегидная смола придает продукту прочность и форму, необходимую для стекловолокнистой изоляции. Основной матрас изготавливается послойно, чтобы обеспечить необходимый вес продукта на единицу площади. Можно также использовать процесс длительного формования в автоклаве, одна стадия которого достаточна для получения специфического для продукта веса, но этот процесс применяется намного реже.

Мат проходит через печь на природном топливе, при температуре приблизительно 250 ^{o}C, которая формирует толщину продукта, высушивает его и содействует затвердеванию. Затем продукт охлаждается воздухом и разрезается по размерам до стадии упаковки. Производство продуктов изоляции труб и некоторых вторичных продуктов может осуществляться с помощью процессов, описанных для стеклянной ваты в Разделе 2.9.1.

Вода может впрыскиваться в трубопровод с целью защиты от накопления смолы и волокон, сокращения риска возгорания, а также устранения последствий действия дым-

ного газа. Вода используется также для различных очистных операций. Так же, как и при производстве изолирующего стекловолокна вода, которая использовалась в технологическом процессе, собирается, фильтруется и используется снова.

2.10 Фритты

Стеклянные фритты используются в качестве сырьевого материала в производстве керамической глазури. Это стеклообразное покрытие накладывается на керамическую поверхность и наплавляется с помощью нагрева. Кроме того, эмалевые фритты являются также сырьевым материалом для производства эмали. Их используют для металлов в целях декоративного оформления и/или защиты. Глазури и эмали могут накладываться как сухими, так и влажными; последние являются предпочтительными и бывает обычно в форме суспензии.

2.10.1 Процесс производства фритт

Фритты изготавливают путем плавления сырьевого материала в стекловаренной печи при высокой температуре, достигающей 1550 ºC. Затем он гасится в воде и превращается в твердый, нерастворимый, фрагментированный на кусочки материал.

При производстве фритт используются различные сырьевые материалы, для формирования основного состава (глина, полевой шпат, кварц и т.д.), а для плавления (кальцинированная сода, углекислый калий, бура и т.д.). Кроме того, для придания желаемого внешнего вида эмалям используются красители (оксиды титана и циркония, а также соединения фтора). Схематически процесс производства фритт показан на рисунке 2.10.

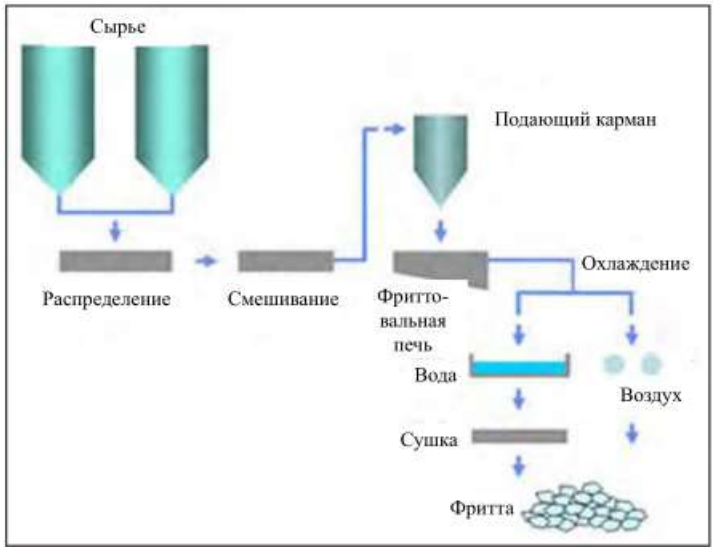


Рисунок 2.10 Схематическое представление процесса производства фритт

2.9.2 Печи, используемые в производстве фритт

В производстве керамических фритт используют стекловаренные печи непрерывного действия, в то время как печи периодического действия используются редко. Выбор печи зависит от масштабов производства и химического состава продуктов.

В большинстве случаев дымные газы, выпускаемые печами, собирают в одну очистительную систему, либо их группируют на основе характеристик состава используемых материалов и распределяют по нескольким очищающим устройствам, имеющимся на предприятии. Сочетание дымных газов от различных печей, использующих разную технологию горения (кислородное топливо, обогащенное кислородом, воздушно-топливное) приводит к тому, что дымный газ в дымовой трубе имеет высокую концентрацию кислорода, обычно составляющую от 14 до 19 %, но может быть и выше.

Сырьевые материалы, используемые для подготовки состава обрабатываемой партии, могут храниться в бункерах - накопителях и направляться на участок взвешивания пневматически, либо механически. Только в некоторых случаях, ввиду сравнительно небольшого производства, имеющиеся материалы хранятся в мешках и взвешиваются вручную на весовых аппаратах.

В печь непрерывного действия сырьевой материал загружается с использованием шнека, образуя горсть в месте загрузки. Горелки, расположенные вдоль сторон печи, обеспечивают необходимые температурные условия стабильности, позволяя непрерывно

расплавлять порции подаваемого продукта. Более мелкие печи требуют подачи топлива на одном конце с помощью обычной горелки. Как только материал расплавляется, в основании печи образуется тонкий слой, который вытекает через выходное отверстие на другом конце плавильной печи. Производство остается постоянным благодаря непрерывной подаче сырьевого материала на входе печи.

Плавильные печи имеют форму коробки или цилиндра с обложенным в линию огнеупорным кирпичом, приподнятым на поддерживающем основании таким образом, чтобы имелась возможность небольшой степени вращения. Во избежание возникновения примесей печи обычно специализируются в соответствии с типами составов, имеющих аналогичные характеристики.

Обычная температура плавления находится в диапазоне 1350 – 1550 °C, при этом более низкие температуры используются для керамических фритт с низкой точкой плавления и содержащих в своем составе плавленые флюсы.

3 Современное потребление сырьевых материалов и энергии, и уровни выбросов

3.1 Технологические сырьевые материалы

Основное технологическое сырье можно разделить на четыре главные категории: сырьевые материалы (такие материалы, которые формируют часть продукта), энергия (топливо и электроэнергия), вода и вспомогательные материалы (технологические добавки, материалы для чистки, химикаты для очистки воды и т.д.).

Основные сырьевые материалы для стекольной промышленности приведены в таблице 1.2.

Производство стекла является энергоемким процессом. Основными источниками энергии в являются природный газ, нефтепродукты (мазут, как запасной источник) и электричество.

Вода используется на следующие нужды: охлаждению, очистке и увлажнения партии продукта.

Вспомогательные материалы применяются в производстве изделий, но не формируют часть готового продукта; например, олово и водород, используемые в флоат-ваннах, кислород в кислородно-топливных системах горения. Влияние этих материалов на технологические выбросы варьируется.

3.1.1 Технологические готовые продукты

Основные технологические готовые продукты можно разделить на пять главных категорий: продукты, выбросы в воздух, потоки жидких отходов, твердые технологические отходы и энергию. Совокупности жидких и твердых отходов можно вернуть в цикл для повторной переработки.

Производство стекла предусматривает плавление значительного количества материалов, таких как оксиды металлов, карбонаты, сульфаты и нитраты в результате чего выделяются: диоксид углерода, водяные пары и оксиды серы и азота. В результате эмиссии от 3 до 20 % веса исходной смеси может испаряться в виде газообразных веществ.

Технологии производства изделий могут включать в себя шум и запахи. Шум происходит от работы вентиляторов, электродвигателей, погрузки материала, движение автотранспорта, инжиниринговые работы, системы сжатого воздуха и т.д. Запахи в основном вызваны процессами отжигом минерального волокна, предварительный нагрев стеклянного боя и т.д. .

3.1.1.1. Выбросы в воздух

Выбросы твердых примесей в атмосферу

Применительно к целям настоящего документа, термин «твердые примеси в атмосфере» используется для обозначения всего материала, твердого в точке измерения, и для выбросов загрязняющего вещества от деятельности, связанной с варкой стекла, считается синонимичным с термином пыль. Оба этих термина используются взаимозаменяемо на всем протяжении данного раздела. Термин «суммарное содержание твердых примесей в атмосфере» используется для обозначения всех неорганических и органиче-

ских твердых (без нижнего предельного размера) и жидких материалов (мелкие капли и аэрозоли), которые могут присутствовать в топочных газах. Температура в точке измерения особо важна для стекловаренных печей, потому что некоторые из формирующих пыль материалов (в частности бораты) могут быть летучим веществом при весьма низких температурах. Также природа пыли от этих процессов сильно осложняет выполнение точных измерений. Природа выбросов пыли из стекловаренных печей отличается для различных процессов, но зависит главным образом от конструкции и работы печи, и от состава стекла. Три первичных источника пыли от плавления:

• механический вынос компонентов шихты

• испарительный перенос и реакция веществ из компонентов шихты и расплавленной стекломассы

• металлические примеси в топливе.

Вторичный источник выбросов пыли относится к процессу плавления в виде твердых продуктов, выделяющимися при химической реакции между газообразными загрязнителями и щелочными реагентами, использованными для обработки отработавшего газа.

Пыль от печей для варки натрий-кальций-силикатного стекла преимущественно компонуется из сульфата натрия. До 98 % пыли состоит из растворимых материалов; из них – 80-90 % сульфат натрия. Оставшаяся часть будет зависеть от точного состава стекла, но будет содержать главным образом сульфаты. Диаметр частицы находится обычно в интервале от 0,02 до 1 мкм, но мелкие твёрдые частички легко собираются в большие частицы. Последние исследования показали, что твердые примеси в атмосферу в выбросах загрязняющего вещества из печи для варки листового стекла компонуются из частиц с диаметром в интервале от 0,02 до 2 мкм со средним диаметром 1,3 мкм в необработанном и в очищенном отработавшем газе.

Для стекол, в составе которых содержатся существенные уровни бора (например, стекловолокно из непрерывной нити, стекловата и боросиликатное стекло), бораты являются основным компонентом выделяемой пыли.

При производстве боросиликатных стекол, образующаяся пыль сильно влияет на производительность систем фильтрации. Состав отработавшего газа, рабочая температура системы фильтрования, тип поглощающего агента и точка впрыска, расположенная

выше системы фильтрования, чрезвычайно важны для улавливания газообразных соединений бора.

Поэтому в этой главе металлам уделяется внимание отдельно, а они обсуждаются применительно к выбросам пыли и, где необходимо, в других разделах приводятся списки литературы.

В сырье, стекольном бое, топливе, вспомогательных материалах содержатся металлы, информация о которых приведена в таблице 3.5.

Имеются три основных подхода для контроля выбросов металлов либо в пыли, либо в виде газообразных компонентов:

1. Выбор сырья.

2. Совершенствование системы пылеуловителей.

3. Совершенствование системы газоочистки.

Методы борьбы с выбросами пыли

В рамках стекольной промышленности широко применяются методы борьбы с вторичным загрязнением (например, электростатические пылеуловители и мешочные фильтры), и 100 % печей в некоторых случаях снабжены оборудованием для борьбы с вторичными выбросами в виде пыли.

Пылевые выбросы от движения сырьевых материалов

Все отрасли стекольной промышленности используют кусковые, гранулированные или порошкообразные сырьевые материалы. Хранение и погрузка указанных материалов представляет собой значительный потенциал для пылевых выбросов. Движение материалов внутри систем, включающих в себя силосы (бункеры) и смесительные камеры приводит в результате к перемещению воздуха, который при отсутствии контроля, может содержать очень высокие концентрации пыли. Передача материала с использованием конвейерных систем и ручная погрузка может также вести к значительным пылевым выбросам.

В стекольной промышленности используется стеклянный бой (собственный или полученный извне), который может требовать сортировки и размола перед подачей в печь.

Плавление сырьевых материалов

Среди многих процессов в производстве стекла, самым большим потенциалом для возникновения загрязнения окружающей среды являются плавильные работы. Основными загрязняющими веществами для окружающей среды являются следующие:

- продукты горения топлива и высокотемпературное окисление азота в атмосфере горения (т.е. двуокись серы, диоксид углерода и оксиды азота);

- пылевидные вещества, образующиеся в основном из свойства летучести (испаряемости) и последующей конденсации летучих компонентов шихты;

- газы, исходящие из сырьевых материалов и расплава во время процессов плавления.

Печи, в стекольной промышленности значительно варьируются по размеру, мощности, технике плавления, компоновке, возрасту, применяемым сырьевым материалам и средствам борьбы с загрязнением. Таким образом, существует значительный разброс в выбросах. Также существуют различные методы для замеров выбросов, которые между собой не всегда совпадают, что приводит к получению различных результатов.

Основные выбросы при плавлении сырьевых материалов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Выбросы в атмосферу при плавлении сырьевых материалов

Выбросы	Источник/ комментарии
Пылевидные вещества	Испарение/летучесть компонентов шихты из расплавленного стекла и последующая конденсация в субмикронные пылевидные частицы. Механические перемещения тонкого материала в продукте шихты для сгорания некоторых ископаемых сортов топлива
Оксиды азота	Нагретый NO(x) из-за высоких температур плавления и быстрое образование веществ NO(x). Разложение смесей азота в компонентах шихты. Окисление азота, содержащегося в сортах топлива.
Оксиды серы	Сера в топливе Разложение смесей серы в компонентах шихты до частиц от процесса горения с сульфатами. Окисление сульфида водорода в ходе работ в печи на горячем дутье.
Хлориды /HCl	Присутствует в качестве загрязнения в некоторых сырьевых материалах, особенно синтетической кальцинированной соде и стеклянном бое, получаемом и вне. NaCl используется в качестве сырья (осветлитель) в некоторых специальных стеклах

Выбросы	Источник/ комментарии
Фториды /HF	Присутствует в качестве небольшого загрязнения в некоторых сырьевых материалах, включая стеклянный бой, получаемый извне. Добавляется в качестве сырьевого материала в производство эмалевой фритты, чтобы обеспечить определенные свойства готовому продукту. Добавляется в качестве сырья в отрасли по производству стекольного волокна непрерывной нитью, чтобы влиять на процесс формирования (натяжение на поверхности) и в некоторые виды стекольной шихты, чтобы улучшить расплав или создать определенные свойства, т.е., опалесценцию. Если в смесь добавляются фториды, обычно это плавиковый шпат, то появляется высокая вероятность неконтролируемой утечки.
Тяжелые металлы (т.е., V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)	Присутствует в качестве небольших загрязнений в некоторых сырьевых материалах, стеклянном бое, от использованных изделий, и сортах топлива. Используется во флюсах и красителях в отрасли фритты особенной для эмалевых фритт (в основном свинец и кадмий). Используется в некоторых специальных формулах стекла (т.е., свинцовый хрусталь и некоторые цветные стекла). Селен используется в качестве красителя (бронзовое стекло) или в качестве обесцвечивающего средства в некоторых прозрачных сортах стекла, а также может генерировать, как газообразные, так и твердые выбросы.
Диоксид углерода	Продукт горения Испускается после разложения карбонатов в компонентах шихты (т.е., поташа, известняка).
Монооксид углерода	Продукт неполного сгорания, особенно в печах горячего дутья.
Сульфид водорода	Формируется из сырьевого материала или серы топлива в печах горячего дутья из-за условий восстановления, существующих в частях этой печи.

В таблице 3.2 приведена классификация выбросов металлов на основе их оценки относительно потенциального влияния на окружающую среду.

Таблица 3.2. Классификация металлов и их смесей

Группа 1 металлов и их смесей	Группа 2 металлов и их смесей
Мышьяк	Сурьма

Группа 1 металлов и их смесей	Группа 2 металлов и их смесей
Кобальт	Свинец
Никель	Хром III
Селен	Медь
Хром VI	Марганец
Кадмий	Ванадий
	Олово

Примеры уровней выбросов представлены в таблице 3.4, которая показывает достижимые максимумы величин для тяжелых металлов.

Таблица 3.4: Потенциальные выбросы тяжелых металлов производства стекла без борьбы с загрязнением

Металл	Тарное стекло, мг/м^3	Листовое стекло, мг/м^3	Стекло свинцовый хрусталь, мг/м^3
Ванадий (если сжигается мазут)	До 4	До 2	
Никель (если сжигается мазут)	До 0.5	До 0.4	
Хром, всего (зеленое стекло)	До 3		
Селен, всего (зеленое, тарное стекло)	До 0.8		
Селен, газообразный (оптическое полое стекло)	До 14		
Селен, всего (оптическое (флинт) полое стекло)	До 25		
Селен, всего (флоат бронзовое стекло)		До 80	
Свинец	До 4	До 1	До 700
Кадмий	До 0.3	До 0.1	
Сурьма			До 10
Мышьяк			До 20

3.1.1.2. Выбросы в воду

Выбросы в водную среду при производстве стекла относительно низки и существует несколько основных вопросов, которые специфически относятся к стекольной промышленности. Вода используется в основном для очистки и охлаждения, и ее можно

легко возвратить в цикл повторно или очистить с использованием стандартной технических приемов.

В качестве примера типовая карта технологического потока для распределения воды промышленности по изготовлению стеклянной тары приведена на рисунке 3.1.

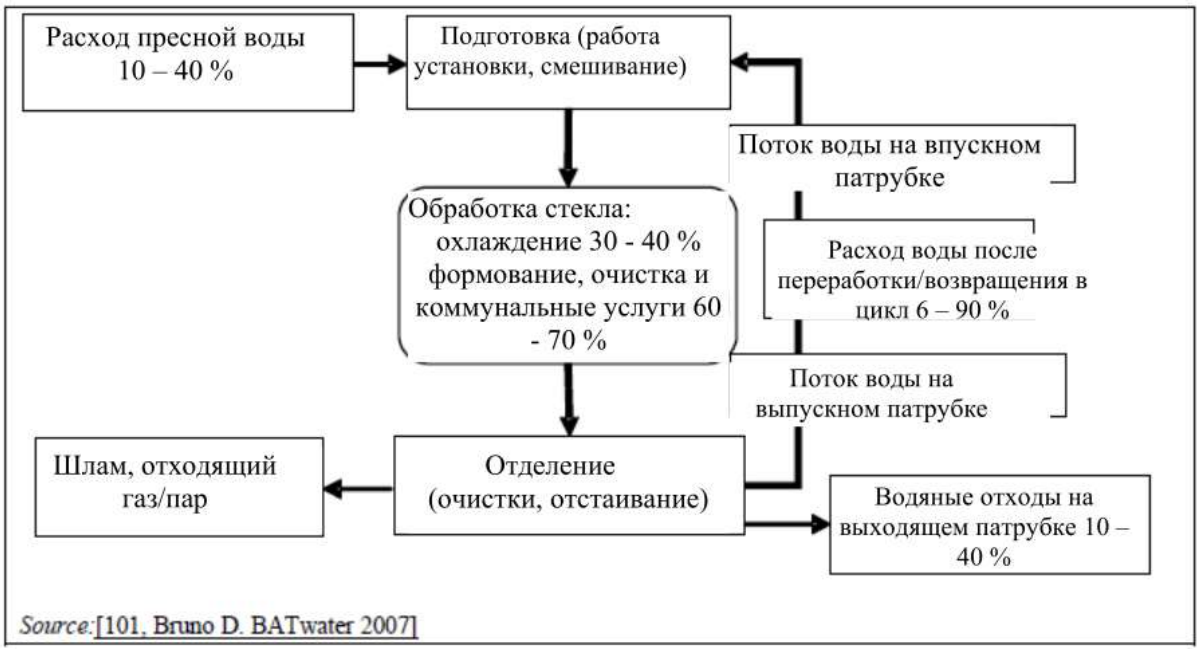


Рисунок 3.1: Типичное распределение воды при производстве стеклянной тары

3.1.1.3. Выбросы других отходов

Большая часть отходов в стекольной промышленности возвращается обратно в цикл.

Исключением является производство непрерывных стеклонитей, высококачественных изделий из специального стекла и производство сортовой посуды.

Как и в случае со всеми печными отходами, прилагаются все усилия, чтобы к концу кампании (цикла работы) печи иметь все материалы переработанными/возвращенными в цикл. Если это невозможно, то содержание Cr^{6+}, использованное для магний-хромовых огнеупоров, определяется, чтобы обеспечить их правильную классификацию и утилизацию.

3.1.2 Энергия

Производство стекла является энергоемким производством и выбор источника энергии, способа нагрева и рекуперации тепла является центральным вопросом проектирования печи. Для процесса производства стекла основными источниками энергии представляют собой природный газ и электричество.

Однако многие крупные печи оборудованы так, чтобы работать, как на природном газе, так и на мазуте.

Как правило, стекловаренная печь снабжается энергией за счет:

- Сгорания топлива

- Предварительного нагрева воздуха, поступающего в камеру сгорания

- Электроэнергии

- Удельной теплоты топлива, кислорода или избыточного воздуха

- (предварительного нагрева) шихты

Примеры распределения энергоемкости при производстве наиболее распространенных видов стекла приведено в таблице 3.5

Таблица 3.5 Примеры распределения энергоемкости при производстве наиболее распространенных видов стекла

Тип стекла	Плоское стекло	Тарное стекло
Тип печи	Флоат, регенеративный, с перекрестным направлением пламени	Регенеративный, ванная печь с подковообразным пламенем
Удельный съем стекломассы	600 т/сутки	260 т/сутки
Стекольный бой	25 %	83 %
Суммарное потребление энергии	6.48 ГДж/т	3.62 ГДж/т
(ГДж/т)	Сваренного стекла	сваренного стекла
Испарение воды (влажность шихты)	1 %	1.5 %
Эндотермические реакции	6 %	2.4 %
Удельная теплота расплава стекла (чистая)	33 %	44.2 %
Потери стекла на стенку	15 %	18.3 %
Теплопотери при охлаждении и растекании	9 %	3.7 %
Потери отходящего газа от регенератора дна	32 %	27.6 %
Теплопотери регенератора (структура)	4 %	2.3 %

Основные факторы, зависящие от местных условий следующие.

1) Емкость печи в значительной степени затрагивает потребление энергии на тонну сваренного стекла, поскольку более крупные печи, по сути, имеют более высокий КПД в силу меньшего соотношения площади поверхности к объему.

2) Пропускная способность печи, при том, что большинство печей достигают наибольшего КПД производства при максимальной нагрузке.

3) По мере увеличения срока эксплуатации печи, ее тепловой КДП обычно падает. К концу срока службы печи, энергопотребление на тонну сваренного стекла может быть на 20 % выше, чем в начале ее эксплуатации.

4) Использование дополнительного электроподогрева повышает энергоэффективность печи.

5) Использование стекольного боя может заметно сократить энергопотребление. Увеличение на 10 % использования стекольного боя приводит к экономии энергии на 2-3 % в процессе плавления.

6) Сгорание топлива в кислороде тоже может сократить потребление энергии, в особенности для небольших печей.

7) Вопросы, зависящие от специфики местных условий, изложенные выше, не учитывают некоторые важные вопросы, не зависящие от местных условий, которые затрагивают применимость различных технологий плавления стекла, в частности стоимость электричества и эффективность генерации и распределения электроэнергии.

В таблице 3.6 приведены примеры удельного потребления энергии для современных, энергоэффективных печей.

Таблица 3.6 Примеры энергоэффективных стекловаренных печей

Тип ванной печи	Тип стекла	Зона плавления С[1]) ($м^2$)	Варочная часть глубины стекольной шихты (мм)	Варочная часть емкости резервуара (т)	Соотношение длины/ширины варочного резервуара	Объем плавления (т/сутки)	Удельная производительность (т/$м^2$сутки)	Удельное энергопотребление ([2]) (кДж/кг стекла)
Печь с поперечным направлением пламени с регенеративным воздухоподогревателем	Тарное стекло	15-155	1200 - 1700	50 - 500	1.9 - 3.0:1	40 - 500	2.5-4.0	4200
Регенеративная ванная печь с подковообразным пламенем	Тарное стекло	15-140	1200 - 1700	50 - 500	1.9 - 2.5:1	40 - 450	2.5-4.0	3800
Рекуперативная печь	Тарное стекло	До 250	1100- 1600	50-650	2.0-2.8: 1	40 - 450	2.0-3.0	5000
Кислородно-топливная печь	Тарное стекло	110-154	1300- 1700	390-600	2.0-2.4:1	350-425	2.3 -3.5	3050 - 3500
печь с поперечным направлением пламени с регенеративным воздухоподогревателем	Плоское стекло	100 - 400	1200 - 1400	300-2500	2.1 - 2.8:1	150 - 900	2.3 -2.7	6300

Тип ванной печи	Тип стекла	Зона плавления С[1]) ($м^2$)	Варочная часть глубины стекольной шихты (мм)	Варочная часть емкости резервуара (т)	Соотношение длины/ширины варочного резервуара	Объем плавления (т/сутки)	Удельная производительность (т/$м^2$сутки)	Удельное энергопотребление ([2]) (кДж/кг стекла)
Печь с поперечным направлением пламени с регенеративным воздухоподогревателем	Стекло для телевизионных трубок (экранов)	70 - 300	900- 1100	160 - 700	2.0-3.0:1	100 - 500	1.1 - 1.8	8300
Печь с рекуперативным воздухоподогревателем	Столовая посуда	15-60	1100- 1300	40 - 180	1.8 - 2.2:1	15 - 120	1.0-2.0	6700- 11000([3])
печь с поперечным направлением пламени с регенеративным воздухоподогревателем	Столовая посуда	30-40	800 - 1000	65 - 100	2.0-3.0:1	40-60	1.2- 1.6	8000- 11000
Регенеративная ванная печь с подковообразным пламенем	Столовая посуда	45-70	800 - 1800	100-250	1.8 - 2.2:1	120 - 180	2.0-3.0	5000 - 6000
Печь с рекуперативным воздухоподогревателем	Стекловата	15-110	800 - 1500	50 - 200	2.8:1	30-350	3.4	4300-6500
(*) Площадь поверхности стеклоплавильной печи для плавления стекла и осветления стекломассы, обычно зона между загрузочным карманом и пережимом свода, в случае печей для флоат-стекла, без неотапливаемых зон для кондиционирования								

Тип ванной печи	Тип стекла	Зона плавления С[1]) ($м^2$)	Варочная часть глубины стекольной шихты (мм)	Варочная часть емкости резервуара (т)	Соотношение длины/ширины варочного резервуара	Объем плавления (т/сутки)	Удельная производительность (т/$м^2$сутки)	Удельное энергопотребление ([2]) (кДж/кг стекла)
воздуха. ([2]) Удельное энергопотребление без выработочной части и конвейера в ходе ввода в эксплуатацию и эксплуатации при номинальной нагрузке (энергопотребление обычно повысится за 0.1 % до 0.2 % в месяц в силу увеличения срока эксплуатации печи без электроподогрева, предварительного подогрева стекломассы и утилизации вторичного отходящего тепла) стандартизировано для: • 70 % стекольного боя для стеклянной тары • 20 % стекольного боя для флоат-стекла • 40 % стекольного боя для стекла телевизионных трубок и столовой посуды. Процент экономии энергии при дополнительном использовании стекольного боя: 0.15 - 0.3 %. Показатели удельного энергопотребления, приведенные здесь, являются приблизительными ориентировочными значениями для новых средних и крупных установок. Они не пригодны для соображений энергетического равновесия в силу существенных различий, наблюдаемых в отдельных случаях. Фактическое удельное энергопотребление зависит не только от содержания стекольного боя и от срока эксплуатации резервуара, но также, в частности, от состава шихты, предварительного подогрева воздуха, удельного наполнения резервуара, уплотнения резервуара и требуемого стандарта качества стекла. (3) Более низкий диапазон удельного энергопотребления для рекуперативных печей может быть обусловлен более низким стандартом качества производимого стекла. В общем регенеративные печи представляют более низкий показатель удельного энергопотребления, чем рекуперативные печи.								

3.1.4 Уровень шума

В процессе производства стекла, показатели уровня шума могут быть достаточно высокими. Источники шумового воздействия – следующие:

- Сжатый воздух для охлаждения
- Вентиляторы для воздуха, поступающего в камеру сгорания
- Вентиляторы для выведения отходящих газов
- Формовочные машины (например, секторы тарного, сортового и специального стекла)
- Конвейеры для продукции из стекла
- Операции по резке (например, плоское и специальное стекло)
- Операции шлифовки и полировки (например, сортовое и специальное стекло).

Уровни шума (в децибелах) отличаются в зависимости от типа оборудования/ завода и могут превышать значение 85 дБА в некоторых зонах установки.

Наиболее распространенные техники снижения уровня шума – следующие:

- Применение специальных конструкций, ограждающих шумное оборудование или операции
- Использование ограждений, экранирующих от источника шума.

3.2 Тарное стекло

В таблице 3.7 представлены основные факторы ввода и вывода технологического процесса изготовления тарного стекла. Выбросы представляют для типовых печей среднего диапазона. Значения, приведенные в таблице 3.7, следует рассматривать только как ориентировочные. Более точные данные об энергопотреблении и показателях выбросов в атмосферу приведены в разделе 3.2.2.2.

Таблица 3.7 Основные факторы ввода и вывода при производстве стеклянной тары

Вводимые факторы	Ед./т (сваренное стекло)	Диапазон (среднее значение)		
Стеклянный бой после использования изделий	Тонна	0 -	0.85	(0.40)
Кремнистый песок	Тонна	0.04 -	0.66	(0.35)
Карбонаты	Тонна	0.02 -	0.40	(0.20)
Сопутствующие минеральные компоненты	Тонна	0.002 -	0.05	(0.02)
Огнеупорные материалы печи	Тонна	0.005 -	0.01	(0.008)
Упаковочные материалы	Тонна	0.040 -	0.080	(0.045)
Формы для отливки и т.п.	Тонна	0.004 -	0.007	(0.005)
Энергия, топливо/ газ суммарная (*)	ГДж	4 -	14	(6.5)
Суммарная электрическая энергия (*)	ГДж	0.6 -	1.5	(0.8)
Вода	$м^3$	0.3 -	10	(1.8)
Выводимые факторы				
Готовые упакованные продукты	Тонна	0.75 -	0.97	(0.91)
Выбросы в атмосферу				
CO_2	кг	300 -	1000	(430)
NOX	кг	0.2 -	4.4	(2.0)
SOX	кг	0.2 -	4.1	(1.3)
Пыль (без использования средств борьбы со вторичными загрязнениями)	кг	0.2 -	0.6	(0.3)
Пыль (с использованием средств борьбы со вторичными загрязнениями)	кг	0.002 -	0.05	(0.017)
HCl без использования средств борьбы со вторичными загрязнениями)	кг	0.02 -	0.08	(0.029)
HCl (с использованием средств борьбы со вторичными загрязнениями	кг	0.005 -	0.06	(0.027)
HF без использования средств	кг	0.001 -	0.022	(0.007)
HF (с использованием средств борьбы со вторичными загрязнениями)	кг	0.00005	0.007	(0.002)
Металлы (без использования средств борьбы со вторичными загрязнениями)	кг	0.0002 -	0.015	(0.004)
Металлы (с использованием средств борьбы со вторичными загрязнениями)	кг	0.00006 -	0.002	(0.001)
H_2O (испарение и горение)	Тонна	0.3 -	10	(1.8)
Сточные воды	$м^3$	0.2 -	9.9	(1.6)
Отходы для переработки	Тонна	0.002 -	0.006	(0.005)
Прочие отходы	Тонна	0.003 -	0.015	(0.005)

(*) Суммарная энергия (печь и т.п.) для стандартного завода, эксплуатирующего печи на природном газе.

3.2.1 Вводимые факторы технологического процесса

Сводная информация о материалах, используемых в секторе стеклянной тары, приведена в Таблице 3.8

Таблица 3.8 Материалы, используемые в секторе стеклянной тары

Описание	Материалы
Стеклообразующие материалы	Кварцевый песок, переработанный стекольный бой, стекольный бой после использования изделий
Промежуточные материалы и материалы - модификаторы стекла	Карбонат натрия, известняк, доломит, красители, полевой шпат, нефелиновый сиенит, карбонат калия, пыль от фильтров
окислители стекла и осветлители	Сульфат натрия, уголь, нитрат натрия или нитрат калия
Окрашивающие и обесцвечивающие добавки к стеклу	Хромит железа, оксид железа, сульфид железа, оксид кобальта, оксид церия, селен или селенит цинка
Покрывающие агенты продукта (горячее покрытие)	Неорганические или органические хлориды металла. Преимущественно, хлористое олово, тетрахлорид титана и трихлорид монобутил олова
Смазки продукта	Смазки на полиэтиленовой основе и жирные кислоты (например, масляная кислота)
Топливо	Природный газ, электричество, мазут, бутан, пропан
Вода	Централизованное водоснабжение и местные природные источники (колодцы, реки, озера и т.п.)
Вспомогательные материалы	Упаковочные материалы, включая пластик, бумагу, картон и дерево. Смазочные материалы для пресс-формы, в общем и целом, высоко-температурные разделительные составы на основе графита. Смазочные материалы для машин, преимущественно минеральные масла. Технологичный газ, кислород, и диоксид серы Химические вещества для очистки воды для охлаждающей жидкости и отработанной воды.

Крупнейшие вводящие факторы технологического процесса – это кремний содержащие материалы (песок и стекольный бой) и карбонаты (кальцинированная сода, до-

ломит и известняк). В большинстве составов стеклянной тары кремний, натрий и кальций, обычно выраженные в форме оксидов, составляют более 90 % состава стекла (SiO_2 71 - 73 %, Na_2O 12 - 14 % и CaO 10 - 12 %). Диоксид кремния получается главным образом из стеклянного боя и песка. Оксид натрия получается прежде всего из стеклянного боя и кальцинированной соды, а оксид кальция – из стеклянного боя, известняка и в меньшей степени доломита.

Используемым топливом являются природный газ и электричество для плавления стекла, либо по отдельности, либо в сочетании. Выработочная часть печи и лер для отжига нагреваются газом или электричеством, которые также используются для нагрева и общего обслуживания. Мазут иногда используются как вспомогательное или резервное топливо.

Основные назначения воды в секторе производства стеклянной тары – для охлаждающего контура и очистки. Вода нередко используется (обычно в форме пара) для увлажнения материалов шихты (от 0 до 4 %) во избежание отделение сырья и для сокращения переноса пыли от печи.

3.2.2 Выбросы в атмосферу

3.2.2.1 Сырье

В большинстве современных технологических процессов производства стеклянной тары силос и резервуар для смешивания снабжены системами фильтрации, которые сокращают выбросы до менее 5 мг/нм^3.

3.2.2.2 Плавление шихтовой смеси

Наибольшие выбросы в атмосферу сопряжены с операциями по варке стекломассы. Следует отметить, что данные о выбросах соответствуют анализам, проводимым в контексте требований к отчетности в регионах, где располагаются установки, и используемые техника отбора проб и измерений не являются равномерными. Они относятся к ограниченному графику, обычно менее 3 часов, и, таким образом, очень чувствительны к переменным эксплуатационным условиям.

По этим причинам, данные, представленные в таблицах 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 могут рассматриваться только как ориентировочные.

В таблице 3.8 приведены статистические данные по общей норме применяемого стекольного боя. Суммарная норма стекольного боя, приведенная в Таблице 3.8, выражается как совокупность стеклянного боя на тонну выплавленного стекла.

Таблица3.8 Статистические данные о совокупном коэффициенте (норме расхода) стекольного боя для печей для стеклянной тары

Расход стекольного боя	Совокупные нормы расхода стекольного боя в пересчете на одну печь (совокупный стекольный бой %/ тонна сваренного стекла ([1]))		
	Средние ([2])	Минимальные	Максимальные
Бесцветный	33	5	74
Янтарный	49	15	81
Зеленый	72	30	96
Другие цвета	55	20	85

(') Совокупные параметры стекла в пересчете на одну печь выражены как суммарный стекольный бой в пересчете на тонну выплавленного стекла (внутренний + внешний).

([2]) Средние приведенные значения представляют собой среднее арифметическое нормы расхода стекольного боя для отдельной печи и не отражают средние совокупные нормы расхода по стекольному бою.

В таблице 3.9 представлена энергия плавления для различных типов печей и диапазонов размеров. Удельные значения энергии плавления, таким образом, были откорректированы до 50 % стекольного боя, используя соотношение, приведенное в другом месте в настоящем документе (- 2.5 % энергии при каждых 10 % увеличения стекольного боя).

В целях корректировки совокупное потребление энергии плавления (E_M) от каждой печи (чистый тепловой коэффициент для топлива + прямая электроэнергия) умножается на фактор, соответствующий суммарному коэффициенту (норме) расхода стекольного боя (СТ) для получения энергопотребления, скорректированного на 50 % стекольного боя (E_{M50}). Ниже приведена приблизительная формула, используемая для рас-

четов:

$E_{M50} = E_M/\{1 + [(50 - Ст) \times 0.025]/10\}$

где - E_{M50} (ГДж/т расплавленного стекла) = потребление энергии скорректированное по 50 % стекольного боя

E_M (ГДж/т расплавленного стекла) = совокупное энергопотребление

$C_т$ (%) = суммарная норма расхода стекольного боя.

Таблица 3.9 Удельная энергия плавления для печей различных типов и размеров

Размер печи по типу		Удельная энергия плавления, скорректированная по норме расхода стекольного боя 50 % (ГДж низшая теплотворная способность/т стекла)		
	Единица	Среднее	Миним.	Макс.
ванная печь с подковообразным пламенем		4.8	3.4	10.7
<100	Тонн в сутки	6.9	5.5	11.7
100 - 250	Тонн в сутки	4.8	3.4	6.7
250 - 400	Тонн в сутки	4.3	3.4	9.5
>400	Тонн в сутки	4.1	3.4	5.1
печь с поперечным направлением пламени		4.6	3.3	6.6
<100	Тонн в сутки	-	-	-
100 - 250	Тонн в сутки	5.0	3.3	6.6
250 - 400	Тонн в сутки	4.5	3.7	5.8
>400	Тонн в сутки	4.4	3.5	5.2
Рекуперативная печь		6.3	4.1	11.6
<100	Тонн в сутки	9.1	5.9	11.6
100 - 250	Тонн в сутки	5.8	4.1	6.8
250 - 400	Тонн в сутки	5.6	4.3	7.3
>400	Тонн в сутки	-	-	-
Кислородо-топливное сгорание		4.4	3.5	5.2
Кислородо-топливное сгорание + выработка O_2		4.7	3.8	5.5
Электрическая		3.3	2.9	3.6

(') Электроэнергия, которая требуется для выработки кислорода, принята во внимание, однако первичная энергия для производства кислорода во внимание не принята

Большинство печей для производства стеклянной тары оснащены функцией борьбы со вторичными загрязнениями окружающей среды (уменьшения количества отходов обработки). Во всех случаях, снижение объема вторичных отходов представляет собой

электростатический прибор для осаждения пыли или пылеуловитель с рукавными фильтрами, в сочетании со десульфуризацией назад по технологической цепочке для устранения загрязняющих веществ, содержащих сероводород или углекислый газ (SO_X, HF, HCl), а также для избежания кислотных сульфатированных конденсатов, которые могут повредить фильтрующее оборудование.

Данные выбросов в атмосферу от печей обобщены в таблицах 3.10 - 3.14. Представленные данные следует оценивать, учитывая примечание, приведенное ниже.

1. Значения приведены на основе измерений реальных выбросов, представляющих определенные условия в каждом конкретном случае.

2. Сведения приводятся в каждом случае согласно отчетам (100 % значений) и согласно средним данным, приведенным по 90-му перцентилю (т.е. 5-95 % значений), при этом последние предназначены для исключения, в каких-то пределах, пунктов случайных данных.

3. Данные, выраженные как концентрации, скорректированные по 8 % O_2, не включают кислородно-топливные и все электрические печи.

4. Данные выраженные как факторы выбросов, не включают все электрические печи. Для кислородно-топливных печей данные выбросов представлены как отчетные данные, в то время как для воздушно-топливных печей факторы выбросов рассчитаны с использованием коэффициентов конверсии, полученных из стандартных объемов сухих отходящих газов при 8 % O_2, эквивалентных 385 $нм^3$/ГДж для природного газа, с коррекцией на фактор выбросов технологического CO_2 к объему отходящего газа (обратно пропорционально суммарной норме расхода стекольного боя), составляющей 92 $нм^3$/т стекла из первичного сырья (объем соответствующий 180 кг CO_2/т стекла из сырья).

5. Для указанной концентрации выбросов, фактор выбросов увеличивается с увеличением потребления ископаемого топлива; таким образом, печи меньшего размера, в частности, производящие более низкий объем продукции (флаконы), обычно сопряжены с более высокими факторами выбросов.

6. Когда две или более печи связаны с одним и тем же оборудованием для снижения выбросов, значение выбросов, указанное в концентрации, считается таким же для каждой печи. Факторы выбросов для такой печи оцениваются с использованием

значения концентрации, помноженной на удельный объем отработавшего газа для печи, рассчитанный согласно номеру (4) выше.

В таблице 3.10 представлены значения выбросов пыли для всего диапазона (100 % данных) и по средневзвешенные по 90-му перцентилю (5 % - 95 % данные)

Таблица 3.10 Выбросы пыли из печей для производства стеклянной тары, как оснащенных, так и не оснащенных системами для снижения выбросов

Выброс в атмосферу из плавильных печей	Выбросы, выраженные в виде концентраций				Выбросы, выраженные в виде факторов выбросов			
	Отчетные данные, %	мг/нм^3 сухого вещества, 8 % O_2			Отчетные данные, %	Кг/т стекла		
		Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
Снижение вторичной запыленности	100	150	17	430	100	0.31	0.03	1.48
	5 – 95	150	60	330	5 – 95	0.28	0.10	0.58
Со снижением вторичной запыленности	100	10	0.01	57	100	0.019	0.000014	0.11
	5 – 95	9.2	1.5	26	5 – 95	0.017	0.0016	0.050
Электростатический прибор для осаждения пыли	100	11.2	1.0	57	100	0.020	0.0020	0.106
	5 – 95	10.2	3.7	27	5 – 95	0.018	0.0046	0.053
Пылеуловитель с рукавными фильтрами	100	6.0	0.01	26	100	0.013	0.000014	0.050
	5-95	5.2	0.5	21	5 - 95	0.012	0.00063	0.048

В таблице 3.11 представлены значения выбросов оксиды серы (SO_X) как для широкого диапазона (100 % данных) так и средних по 90-му перцентилю (5-95 % данных).

Выбросы SO_X являются вводимыми факторами содержащие серу в топливе (как, например, в тяжелом мазуте), сульфаты, добавленные в рецепт шихты и зависимости от типа стекла, серу, попадающую в печь с внешним стекольным боем. Только часть серы, добавленная в формулу шихты (сырье плюс стекольный бой) включается в продукты из стекла; избыток высвобождается с отводящими газами или откладывается в виде пыли от фильтров.

Пыль от фильтров полностью (или более, чем на 90 %) перерабатывается в стек-

ломассу для 80 % печей, оснащенных системами борьбы с вторичными загрязнениями (снижения вторичной запыленности), в то время как для остальных 20 %, переработка пыли вообще не применяется.

Таблица 3.11 Выбросы SO_X из печей, производящих тарное стекло, как оснащенных так и не оснащенных системами снижения уровня запыленности

Выбросы в атмосферу от плавильных печей	Выбросы, выраженные в виде концентрации				Выбросы, выраженные как фактор выброса			
	Отчетные данные, %	мг/нм^3 сухого вещества 8 % O_2			Отчетные данные, %	Кг/т стекла		
		Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
На газовом топливе	100	490	3	2100	100	0.80	0.00	2.00
	5-95	460	110	1100	5 – 95	0.88	0.20	2.00
Без системы снижения вторичной запыленности	100	470	3	1830	100	0.90	0.00	3.00
	5- 95	439	93	950	5 – 95	0.83	0.16	2.01
С системой снижения вторичной запыленности (2)	100	530	150	2100	100	0.90	0.00	3.10
	5-95	498	233	1050	5 – 95	0.86	0.25	2.23
Смешанное мазутно-газовое топливо (3)	100	705	84	1498	100	1.22	0.13	3.54
	5-95	749	139	1250	5 – 95	1.19	0.17	2.18
Без системы снижения вторичной запыленности	100	919	369	1498	100	1.59	0.63	3.54
	5-95	925	554	1250	5 – 95	1.54	0.94	2.18
С системой снижения вторичной запыленности (2)	100	456	84	1123	100	0.79	0.13	2.09
	5-95	575	139	1123	5 - 95	0.76	0.17	1.74

') Выбросы SO_X обычно выражаются как эквивалентное количество SO_2.

В таблице 3.12 представлены значения касательно выбросов оксидов азота (NO_X) как для общего диапазона (100 % данных) так и в среднем по 90-му перцентилю (5-95 % данных).

Таблица 3.12 Выбросы NO_X из печей для производства стеклянной тары с учетом различных типов топлива и технологии печей

Выбросы в атмосферу от плавильных печей		Выбросы, выраженные в виде концентрации				Выбросы, выраженные как факторы выбросов			
		Данные отчета, %	мг/Нм^3 сухого вещества, 8 % O_2			Данные отчета, %	Кг/т расплава		
			Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
Тип топлива	Тип печи								
Без мероприятий по снижению уровня запыленности (без определенных мер по первичному снижению)									
Все	Все	100	1211	384	3355	100	2.30	0.60	9.30
		5-95	1171	685	2100	5-95	2.15	1.05	4.40
На газовом топливе	Все	100	1259	384	3355	100	2.46	0.57	9.32
		5-95	1222	700	2300	5-95	2.32	1.13	4.57
На газовой смеси и мазуте	Все	100	1025	547	2324	100	1.87	0.91	5.13
		5-95	980	588	1687	5-95	1.75	0.93	2.97
Все	ванная с подковообразным пламенем	100	1165	384	3355	100	2.2	0.57	9.3
		5-95	1121	671	1993	5-95	2.0	0.96	4.0
Все	с поперечным направлением пламени	100	1391	650	2850	100	2.5	1.10	5.6
		5-95	1356	814	2324	5-95	2.4	1.43	4.5
Все	Рекуперативная	100	1037	725	1725	100	2.5	1.23	8.3
		5-95	1016	785	1699	5-95	2.3	1.50	4.0
Первичные меры (не включая кислородно-топливное горение)									
Все	Все	100	915	424	2112	100	1.83	0.65	5.57
		5-95	884	521	1680	5-95	1.72	0.83	3.85
Газовое топливо	Все	100	1000	420	2100	100	1.90	0.30	5.00
		5-95	977	605	1725	5-95	1.86	0.72	3.88
Комбинированное газо-мазутное	Все	100	852	427	1655	100	1.49	0.80	3.76
		5-95	830	543	1600	5-95	1.39	0.83	3.02

Выбросы в атмосферу от плавильных печей		Выбросы, выраженные в виде концентрации				Выбросы, выраженные как факторы выбросов			
		Данные отчета, %	мг/Нм^3 сухого вещества, 8 % O_2			Данные отчета, %	Кг/т расплава		
			Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
Тип топлива	Тип печи								
Все	ванная с подковообразным пламенем	100	925	424	2112	100	1.8	0.65	5.6
		5-95	902	543	1725	5-95	1.7	0.83	3.8
Все	с поперечным направлением	100	1029	643	1680	100	2.1	0.80	4.4
		5-95	1003	714	1600	5-95	1.9	0.99	3.7
Все	Рекуперативная	100	687	427	1256	100	1.7	0.95	3.4
		5-95	643	428	925	5-95	1.6	1.06	2.2
Снижение вторичных выбросов (SCR)		100	460	460	460	100	0.81	0.69	0.95
Кислородно-топливное горение						100	0.54	0.23	0.88
([1]) Выбросы NO_X, как правило, выражены в виде эквивалентного количества NO_2.									

В таблице 3.13 представлены показатели касательно выбросов HCl и HF как по всему диапазону (100 %) данных, так и в среднем по 90-му перцентилю (5-95 % данных).

Таблица 3.13 Выбросы HCl и HF из печей по производству стеклянной тары как с системами по снижению выбросов, так и без таких систем

Выбросы в атмосферу от плавильных печей	Выбросы, выраженные как концентрации веществ				Выбросы, выраженные как факторы выбросов			
	Отчетные данные, %	Мг/нм^3 сухого вещества, 8 % O_2			Отчетные данные, %	Кг/т расплава		
		Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
HCl								
Все значения	100	17	1.0	107	100	0.03	0	0.17

Выбросы в атмосферу от плавильных печей	Выбросы, выраженные как концентрации веществ				Выбросы, выраженные как факторы выбросов			
	Отчетные данные, %	Мг/нм^3 сухого вещества, 8 % O_2			Отчетные данные, %	Кг/т расплава		
		Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
	5-95	16	1.1	37	5 – 95	0.028	0.0023	0.071
Без снижения вторичной запыленности	100	17	1.0	48	100	0.030	0.0007	0.116
	5-95	17	1.4	39	5 - 95	0.029	0.0018	0.079
Со снижением вторичной запыленности [1])	100	17	1.0	107	100	0.029	0.0018	0.170
	5-95	16	3.7	29	5 - 95	0.027	0.0047	0.059
HF								
Все значения	100	3.0	0.00	74	100	0.0072	0.0002	0.267
	5-95	2.5	0.39	11	5 – 95	0.0046	0.00068	0.021
Без снижения вторичной запыленности	100	5.0	0.00	74	100	0.0103	0.00040	0.267
	5-95	3.7	0.41	14	5 – 95	0.0066	0.00074	0.022
Со снижением вторичной запыленоести [1])	100	2.0	0.00	13	100	0.0029	0.00004	0.028
	5-95	1.4	0.20	4	5-95	0.0024	0.00045	0.007

[1]) Оборудование по снижению уровня вторичной запыленности (ESP или пылеуловитель с рукавными фильтрами) обычно включает очистку газа, содержащего сероводород, посредством сухой или полусухой очистки для устранения выбросов сероводорода и/ или избежания засорения/ коррозии системы фильтрации. Абсорбция HCl и HF зависит от типа используемого реагента. Пыль от фильтра перерабатывается в плавильной печи в большинстве случаев и таким образом, не может, в общем и целом, рассматриваться как снижение выбросов HCl/HF как таковое.

Фтористые соединения – случайная примесь, которая наблюдается в определенном природном сырье. Она может присутствовать в виде примеси в переработанном стекле (например, из матового стекла, который содержит фтористые соединения, которые, несмотря на то, что исключены по спецификациям стекольного боя, могут присутствовать в небольших количествах).

В таблице 3.14 представлены значения, касающиеся выбросов металлов применительно как к полному диапазону (100 % данных) так и в среднем по 90-му перцентилю

(5-95 % данных) как с системами снижения запыленности, так и без этих систем.

Таблица 3.14. Выбросы металлов из печей для стеклянной тары, как оснащенных, так и не оснащенных системами снижения выбросов/снижения вторичной запыленности

Выбросы в атмосферу из плавильных печей		Выбросы, выраженные в виде концентрации				Выбросы, выраженные в виде фактора выброса			
		Отчетные данные, %	мг/нм^3 8 % O_2			Отчетные данные,%	Кг/т расплава		
			Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
Pb	Без снижения вторичной запыленности	100	1.7	0	22	100	0.0028	0	0.0296
		5-95	1.4	0.0001	9.5	5 – 95	0.0025	0.0000002	0.013
	Со снижением вторичной запыленности	100	0.2	0	2.0	100	0.0003	0	0.003
		5-95	0.21	0.000	0.90	5 – 95	0.00032	0.0000011	0.0012
Se	Без снижения вторичной запыленности	100	0.67	0	10.0	100	0.00133	0	0.0184
		5-95	0.55	0.008	3.75	5 – 95	0.0012	0.000010	0.0065
	Со снижением вторичной запыленности	100	0.13	0	1.88	100	0.0002	0	0.0030
		5-95	0.09	0.001	0.76	5 – 95	0.00014	0.000001	0.0012
Cd	Без снижения вторичной запыленности	100	0.04	0	1.10	100	0.00007	0	0.0015
		5-95	0.038	0.00001	0.13	5 – 95	0.03824	0.00001	0.1300
	Со снижением вторичной запыленности	100	0.014	0	0.15	100	0.00002	0	0.00027
		5-95	0.013	0.0001	0.08	5 – 95	0.000022	0.0000001	0.00010
As	Без снижения вторичной запыленности	100	0.284	0	20	100	0.00052	0	0.040
		5-95	0.13	0.0000	0.67	5 – 95	0.00024	0.00000001	0.0010
	Со снижением вторичной запыленности	100	0.04	0	0.47	100	0.00007	0	0.00078
		5-95	0.036	0.0002	0.10	5 – 95	0.000062	0.0000004	0.00021
Ni	Без снижения вторичной запыленности	100	0.10	0	1.0	100	0.00021	0	0.0030
		5-95	0.11	0.000009	0.37	5 – 95	0.0001931	0.00000002	0.0008
	Со снижением вторичной за-	100	0.03	0	0.27	100	0.000048	0	0.00048
		5-95	0.022	0.0004	0.083	5-95	0.000038	0.000001	0.00022

Выбросы в атмосферу из плавильных печей		Выбросы, выраженные в виде концентрации				Выбросы, выраженные в виде фактора выброса			
		Отчетные данные, %	мг/нм^3 8 % O_2			Отчетные данные,%	Кг/т расплава		
			Сред.	Мин.	Макс.		Сред.	Мин.	Макс.
	пыленности								
Cr	Без снижения вторичной запыленности	100	0.31	0	6.60	100	0.0005	0	0.0103
		5-95	0.22	0.000009	1.3	5 – 95	0.00038	0.00000002	0.0023
	Со снижением вторичной запыленности	100	0.03	0	0.4	100	0.00005	0	0.0007
		5-95	0.025	0.00013	0.11	5 – 95	0.000044	0.0000004	0.00020

Нулевые значения, включенные в диапазон 100%, соответствуют значениям ниже пределов обнаружения.

3.2.2.3. Операции дальнейшей обработки

Применение покрытия горячей поверхности и обработки холодной поверхности может повлечь за собой выбросы дыма и паров, прежде всего HCl и соединений олова.

Обработка горячей поверхности стеклянной тары (внешняя поверхность), как правило, производится тетрахлоридом олова, органическим оловом (трихлорид монобутилолова) или тетрахлоридом титата, предназначенными для создания очень тонкого слоя оксида олова или оксида титана на поверхности стекла. В особых случаях производство тары, предназначенной для контакта с определенными фармацевтическими продуктами, к которым применяется обработка SO_3 с целью эффективного устранения ионов выщелачиваемого натрия/ калия с поверхности стекла.

Уровни выбросов приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15

Загрязняющее вещество	Характерные концентрации выбросов	Характерные факторы выбросов
	мг/нм^3	г/т расплава стекла
Газообразные хлориды, как HCl	15 - 300	3 - 30
Общие твердые примеси	5 - 50	1 - 70
Олово в формуле Sn (газообразное + твердое)	1 - 30	0.2 - 0.8

Характерные значения выбросов от деятельности по обработке внутренней поверхности стеклянной тары с SO_2/SO_3, до проведения специальной обработки печного газа (как правило, влажной очисткой) обычно укладываются в диапазон значений, указанных в таблице 3.16.

Таблица 3.16. Характерные значения выбросов без использования средств по борьбе с загрязнениями от обработки поверхности стеклянной тары SO_2

Загрязняющее вещество	Характерные концентрации выбросов	Типичные факторы выбросов
	мг/нм^3	г/т расплавленного стекла
Оксиды серы, такие как SO_2	200 - 900	100 - 600

Уровни концентрации SO_X после обработки, как правило, укладываются в диапазон значений <100 - 200 мг/нм^3, выраженных в виде SO_2.

3.2.4 Энергия

Что касается основного сектора производства бутылок и банок, энергия, необходимая для плавления стекла составляет более 75 % общих потребностей в энергии для производства стеклянной тары. Что касается производства флаконов, энергия плавления может составлять только 50 % совокупной энергии, потребляемой на месте. Прочие существенные сферы использования энергии – это выработочная часть печи, процесс формования (сжатый воздух и воздух для охлаждения форм), леер для отжига, отопление помещений и затраты общего назначения. Характерные затраты энергии, используемые на каждом этапе производственного процесса, приведены на рис. 3.2.

В таблице 3.17 представлены данные по суммарному прямому энергопотреблению производственного процесса на чистую тонную продукта для производства бутылок/ банок и флаконов, как по всему диапазону (100 % данных), так и в среднем по 90-му перцентилю (5-95 % данных).

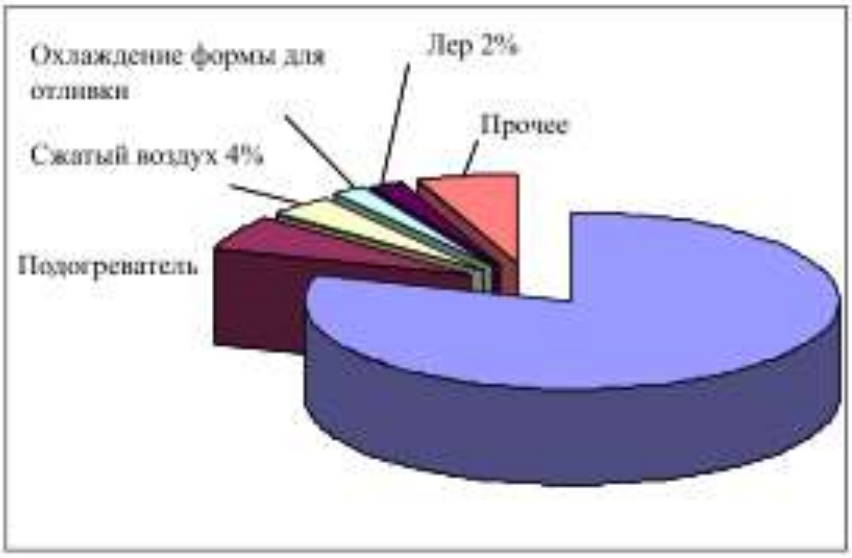


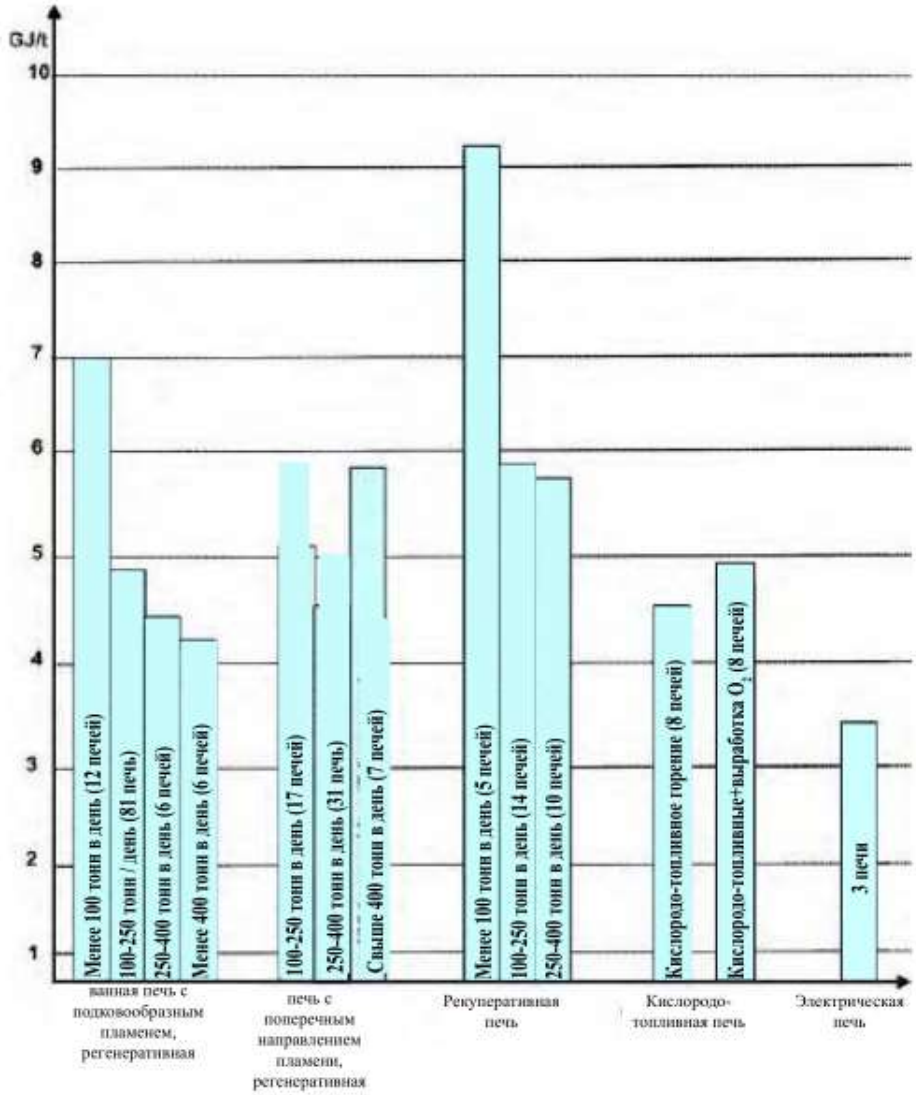
Рисунок 3.3 Использование энергии для предприятия по производству стеклянной тары бутылок/ банок (не обеспечивающего производство флаконов для парфюмерии/ косметики)

Таблица 3.17 Суммарное прямое энергопотребление на одну чистую тонну продукта для производства бутылок/ банок и флаконов.

Тип продукта	Отчетные данные	Удельное совокупное энергопотребление (ГДж/чистая тонна продуктов)		
		Среднее	Мин.	Макс.
Все типы продуктов	100 %	8.7	3.7	31.5
	5-95 %	7.7	5.3	16.8
Производство бутылок и банок	100 %	6.9	3.7	13.4
	5-95 %	6.9	4.7	8.5
Производство флаконов	100 %	16.1	7.2	31.5
	5-95 %	15.5	8.3	30.9

Энергопотребление увеличивается по мере увеличения срока эксплуатации печи, в силу ухудшения изоляции и более низкой эффективности рекуперации тепла от отходящих газов печи. Для регенеративной печи, для которой проводится надлежащее техническое обслуживание, увеличение энергопотребления в силу повышения срока эксплуатации, может оцениваться в пределах 1.5-3 % ежегодно, при этом более низкий показатель связан с печами, для которых проводится более качественное техобслуживание.

На рисунке 3.3 показаны статистические данные по энергии плавления (ГДж на



тонну сваренного стекла, скорректированные по 50 % стекольного боя) с указанием ти-

Рисунок 3.3 Среднее энергопотребление в печах для производства стеклянной тары, выраженное в ГДж/т сваренного стекла и стандартизированное по 50 % стекольного боя

Процент стеклянного боя, используемого в составе шихты, оказывает значительное и систематическое влияние на энергопотребление печи. Для проведения сравнения различных типов печей при сопоставимых условиях, их показатели энергопотребления стандартизированы по 50 % стекольного боя.

3.3 Листовое стекло

Основной продукцией производства листового стекла, является сам продукт, который составляет приблизительно 70 % от вводимого сырья. Остальная доля приходится на выбросы в атмосферу (10 - 20 %), состоящие главным образом из CO_2 от распада кар-

бонатов и отходы стекла (стеклянный бой) – 10-20 %, которые возникают от обрезки боковой кромки, измерений и образования разломов в продукте. Стекольный бой обычно непрерывно перерабатывается в печи, и, таким образом, продукт фактически представляет до 85 % исходного сырья.

3.3.1 Вводимые факторы производственного процесса

В секторе листового стекла, по сравнению с прочими секторами стекольной промышленности, обычно наблюдается меньше вариаций в составе стекла. Однако существуют различия в количестве используемого стеклянного боя, красителей и процессах прямого нанесения покрытия. Основное базовое сырье, используемое в этом секторе, перечислено в таблице 3.18.

Таблица 3.18: Материалы, используемые в производстве плоского стекла

Описание	Материалы
Материал для формирования стекла	Кварцевый песок, технологический стеклянный бой (иногда также стеклянный бой, остающийся после использования изделий)
Промежуточные и модифицирующие стекло материалы	Карбонат натрия, известняк, доломит, сульфат кальция, поташ и гипс, нефелиновый сиенит, полевой шпат, доменный шлак, угольная пыль и отфильтрованная пыль
Окислители и осветляющие вещества стекла	Сульфат натрия, уголь, нитрат натрия
Красители для стекла	Дихромат калия, оксиды переходных металлов, оксиды церия. Селен
Процессы прямого нанесения покрытия	Кремниевые соединения (например, тетрахлорид кремния, карбонаты кремния), галоидангидриды сильных кислот
Топливо	Природный газ, электричество, резервное топливо - мазут
Вода	Централизованное водоснабжение и местные природные источники (колодцы, реки, озера)
Вспомогательные материалы	Упаковочные материалы (включая пластик, бумагу, картон и дерево), Смазочные материалы для машин, в особенности минеральные масла. Технологические газы, включая азот, водород и диоксид серы, олово в флоат-ванне Химические вещества для очистки воды для охлаждения воды и отработанной воды

Основными назначениями воды, которые являются общими с другими секторами стекольной промышленности, являются охлаждение, очистка и увлажнение шихты. Фактическое потребление воды и выбросы водяного пара могут варьироваться в соответствии с местными условиями (например, температура окружающего воздуха и жесткость подаваемой воды).

Печи для производства листового стекла обогреваются исключительно природным газом, в некоторых случаях используется дополнительный электроподогрев, на который приходится до 10 % затрат энергии. Также может использоваться кислородно-топливный обогрев.

3.3.2 Выбросы в атмосферу

3.3.2.1 Сырье

В большинстве современных процессов производства плоского стекла, силос и смесительные камеры оснащены системами, оборудованными фильтрами, которые ограничивают выбросы пыли до уровня менее 5 мг/нм^3.

3.3.2.2 Плавление

В секторе производства плоского стекла наибольшие потенциальные выбросы в окружающую среду приходятся на долю выбросов в атмосферу от операций по плавлению. Вещества, выбрасываемые в окружающую среду, и источники выбросов, с которыми они связаны, приведены в разделе 3.1.1.1. Почти все печи в этом секторе работают на природном газе, и относятся к типу регенеративных печей с поперечным направлением пламени.

Сводная информация о пределах выбросов в атмосферу содержится в таблице 3.19

Таблица 3.19 Уровень выбросов от печей производящих плоское стекло, как оборудованных так и не оборудованных системами борьбы с загрязнениями

Вещество	Печи, не оборудованные средствами борьбы с загрязнениями в мг/нм^3 (кг/т сваренного стекла)	Печи, оборудованные средствами борьбы с загрязнениями посредством первичных/ вторичных методов, в мг/ нм^3 (кг/т сва-

		ренного стекла)
Оксиды азота (в виде NO_2)	1250 - 2870 (2.9 - 7.4)	495 - 1250 (1.1 - 2.9)
Оксиды серы (в виде SO_2)	365 - 3295 (1.0 - 10.6)	300 - 1600 (0.5 - 4.0)
Твердые частицы	80 - 250 (0.2 - 0.6)	5.0 - 30 (0.02 - 0.08)
Фтористые соединения (HF)	<1.0 - 25 (<0.002 - 0.07)	<1.0 - 4.0 (<0.002 - 0.01)
Хлориды (HCl)	7.0 - 85 (0.06 - 0.22)	4.0 - 40 (<0.01 - 0.1)
Металлы, кроме селена (Ni, V, Co, Fe, Cr)	<1.0 - 5.0 (<0.001 - 0.015)	<1.0 (<0.001)
Селен (цветное стекло)	30 - 80 (0.08 - 0.21)	<5 (<0.015)
Эталонные условия: сухость, температура 0 °C (273 K), давление 101.3 кПа, 8 % кислород по объему.		

3.3.2.3 Возможные окончательные операции

Горячая обработка плоской поверхности стекла на выходе из флоат-ванны, как правило, осуществляется с целью улучшения химической стойкости стекла. Процесс требует использования SO_2 с последующим газообразными выбросами, как правило, в диапазоне от 150 - 300 мг/нм^3 (0,02 - 0,04 кг/т расплавленного стекла); однако, в случае специальных производственных процессов выбросов может быть больше.

Среди технологий покрытия, одной из самых важных является прямое пиролитическое химическое осаждение из паровой фазы, включающее использование газообразной химической смеси, которая взаимодействует с горячей поверхностью стекла, что приводит к осаждению покрытия, которое связывается со стеклом.

Нанесение покрытия путем распыления металлов из металлических мишеней на поверхности стекла, как правило, выполняется в автономном режиме при очень низком давлении в специальных вакуумных камерах. Выбросы будут, как правило, содержат кислые газы (плавиковая кислота, соляная кислота) и мелкие частицы (например, оксиды кремния и олова).

3.3.3 Выбросы в воду

Водные выбросы ограничены очисткой системы воды для охлаждения, промывочной водою и стоком поверхностных вод. Очистка системы охлаждения будет включать растворенные соли и химикаты для обработки воды.

Исключая бытовые сточные воды, сбросы обычно содержат только стеклянные твердые частицы, потенциальное загрязнение масла и химических веществ от обработки системы воды для охлаждения.

3.3.4 Энергоресурсы

Распределение потребления энергии для типового процесса флоат-стекла показано на рисунке 3.5, но использование энергии в определенных процессах может слегка отличаться. Более 3/4 энергоресурсов, используемых на заводах флоат-стекла, тратится на плавление стекла. Формование и отжиг занимают следующие 5 % от общей величины. Остальная энергия используется для услуг, систем управления, освещения, отопления завода и процессов после формования, таких как контроль и упаковка. Распределение, представленное на рисунке 3.5, не включает деятельность в конечных звеньях производственно-сбытовой цепи, такую как нанесение покрытия, резка, термическая закалка, ионообменные процедуры, производство зеркал и т.д., которые могут проводиться за пределами установки.

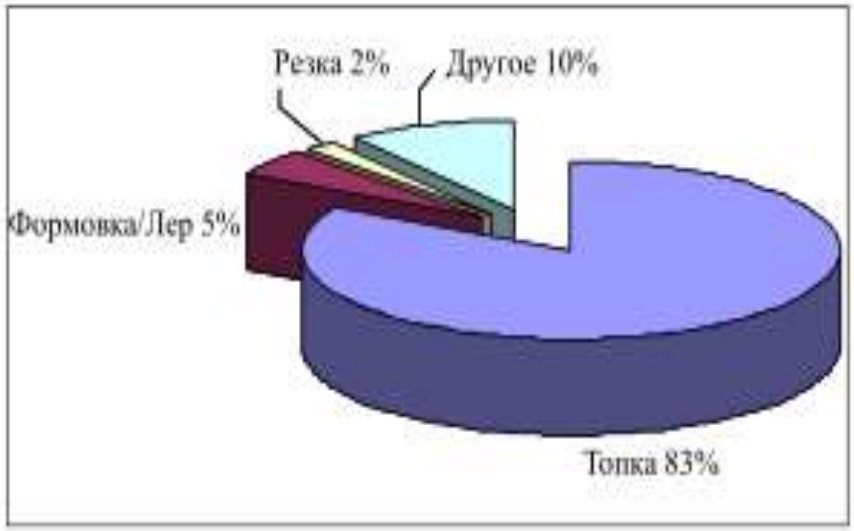


Рисунок 3.4 Распределение использования энергии для типового процесса производства флоат-стекла

Печи флоат-стекла работают на природном газе, иногда с потребления электроэнергии до 10 %. Потребление энергии в процессе будет зависеть от многих факторов, основными из которых являются те, которые изложены в разделе 3.1.2. Удельный рас-

ход энергии сильно зависит от размера печи; печи с более чем 800 т/сутки расплавленного стекла требуют на 10 – 12 % меньше энергии по сравнению с печью, которая производит около 500 т/сутки. Старение печи приводит к увеличению потребления энергии, эквивалентной 1 - 1,3 % в год в среднем. В России энергетические уровни для плавления, как правило, находятся в диапазоне 5,2 до 8,7 ГДж/т расплавленного стекла, в основном, в зависимости от размера и возраста установки, со средним значением 7,5 ГДж/т стекла. Значения до 5,0 ГДж/т расплавленного стекла могут быть достигнуты в начале кампании печи для высокомощных печей.

3.4 Непрерывное стекловолокно.

Расплавленное стекло представляет около 80 – 85 % исходного сырья печи. Большую часть потерь составляют газообразные выбросы, в особенности, CO_2 от разложения карбонатов. Отходы волокон и слива стекла может быть в пределах от 10 до 30 % входных ресурсов технологического процесса. В таблице 3.20 ниже представлены типовые сводные данные ввода/вывода для изготовления непрерывных нитей стекловолокна.

Таблица 3.20: Обзор входов и выходов сектора непрерывного стекловолокна

	Объем/т продукта			
	Вход	Единица	Выход	Единица
Сырье для стекла				
Кремнезём	300 - 457	кг		
Колеманит	0 - 250	кг		
Карбонат кальция	300 - 411	кг		
Глина	395 - 544	кг		
Фторид	0 - 20	кг		
Другие (доломит, обожженная известь, борная кислота и т.д.)	3 - 153	кг		
Выбросы в атмосферу				
Пыль без системы борьбы с выбросами			1,4 - 2	кг
Пыль с низким или безборным формированием в качестве меры по снижению выбросов			<0,14– 0,35	кг
Пыль в конце производственного цикла системы по сокращению выбросов			0,02 – 0,24	кг
CO_2 от разложения сырья			0 - 200	кг
CO_2 от сжигания			450 - 1000	кг

		Объем/т продукта			
		Вход	Единица	Выход	Единица
Водяной пар от сгорания / разложения сырья				180 - 800	кг
Вода из процессов сушки				75 - 200	кг
NO_X (как NO_2) от авиатоплива				2,7 – 16,5	кг
NO_X (как NO_2) от кислородного топлива				0,3 – 2,0	кг
SO_X (как SO_2)				0,05 - 8	кг
Плавиковая кислота				<0,5	кг
Соляная кислота				0,03-0,12	кг
Вода от испарения, охлаждения				3200	кг
Летучие органические соединения в зоне формирования, печах				0,1 – 0,5	кг
Баланс связующих продуктов					
На момент поставки	Полимеры (~50 % твердое вещество)	20 - 40	кг		
На момент поставки	Силан	1 - 2	кг		
На момент поставки	Смазки	1 - 5	кг		
На момент поставки	Другое	0 - 10	кг		
Сухие твёрдые вещества	Связующее на стекле			4 - 20	кг
Сухие твёрдые вещества	Связующее в сточных водах			1 - 13	кг
Сухие твёрдые вещества	Связующее в твердых отходах			<1	кг
	Связующее в воздухе (см. летучие органические соединения выше)				кг
Водный баланс	Общий объем	4000 - 15000	кг		
	Добавлено для связующего	<200	кг		
	Для охлаждения (добавлено)	>1500	кг		
	Для опрыскивания, чистки	>3000	кг		
	В отходах стекла			10 - 20	кг
	В сточных водах			2000 - 11000	кг
	В воздухе из-за испарения (печи, градирни и т.п.)			1500 - 4000	кг

		Объем/т продукта			
		Вход	Единица	Выход	Единица
Твердые отходы (сухих веществ)					
	Стекловолокно			60 - 250	кг
	Отходы связующего			1 - 13	кг
Электроэнергия	Общий объем	10 - 25	ГДж		
Электроэнергия для плавления (печь + НПЗ + форкамеры)		7 - 18	ГДж		

3.4.1 Входные ресурсы технологического процесса

Химический состав волокна варьируется в зависимости от типа стекла и его эксплуатационных характеристик, и обычно выражается через оксиды элементов, которые он содержит. Типовые виды стекла и диапазоны состава приведены в разделе 2.6. В таблице 3.21 представлены основные сырьевые материалы, используемые для получения таких составов.

Таблица 3.21 Материалы, используемые для изготовления непрерывного стекловолокна

Описание	Материалы
Стеклообразователь	Кварцевый песок, стекольный бой
Модификаторы стекла	Карбонат кальция, оксид кальция, оксид алюминия силикат, колеманит, борат кальция, бура, борная кислота, полевой шпат, плавиковый шпат, сульфат кальция, карбонат натрия, карбонат калия, сульфат натрия, оксид цинка, оксид титана или рутил, оксид циркония, доломит и оксид железа
Материалы для покрытий	Материал покрытия будет зависеть от конечного использования продукта. Типичные покрытия: пленкообразующие (например, поливинилацетат, крахмал, полиуретан, эпоксидные смолы); связующие агенты (например, органофункциональные силаны); модификаторы pH (например, уксусная кислота, соляная кислота, соли аммония); и смазки (например, минеральные масла, поверхностно-активные вещества)
Связующие для вторичных продуктов	Поливинилацетат, насыщенные полиэфирные порошки, порошки фенольной смолы
Топливо	Природный газ, электричество
Вода	Питания от сети и местные природные ресурсы (водопровод, реки, озера и т.д.)

Описание	Материалы
Вспомогательные материалы	Упаковочные материалы, включая пластмассу, бумагу, картон и т.д. Технологический газ, кислород Химреагенты, применяемые для обработки воды для охлаждения воды и сточных вод

Наибольшие входные ресурсы в процесс составляют кварцевый песок, щёлочь/карбонаты щелочноземельных металлов и оксидов, оксид алюминия и борсодержащие материалы.

Материалы для покрытия представляют собой очень небольшую долю от массы продукта, как правило, от 0,5 до 2 %. Они состоят в основном из водных растворов полимеров, как правило, 50 % твердых веществ, а также меньшего количества других материалов, указанных в таблице 3.24.

Вода используется для охлаждения, очистки, подготовки нанесения, а в некоторых случаях для мокрой очистки газов. Значительные объемы воды используются также в подготовке покрытия и заливаются в формирующие зоны/зоны намотки. Общее потребление воды на тонну готовой продукции составляет, как правило, от 4 до 20 $м^3$, потери системы охлаждения составляют около 20 % от этого показателя.

3.4.2 Выбросы в атмосферу

3.4.2.1 Сырье

В большинстве современных процессов, бункеры и емкости для смешивания оснащены системами фильтрации, которые снижают выбросы пыли до уровня ниже 5 $мг/нм^3$. Массовые выбросы систем с фильтром и без фильтра будут явно зависеть от количества передач и количества используемого материала.

3.4.2.2 Варка стекломассы

В секторе непрерывного стекловолокна, наибольшие потенциальные выбросы в окружающую среду составляют выбросы в атмосферу во время варки стекломассы. Основные веществ, выбрасываемые и связанные с источниками, определены в разделе

3.1.1.1. Большинство печей, работающих в этом секторе, представляют собой рекуперативные печи на природном газе с приростом кислорода и/или электрической мощности.

В таблице 3.22, показан массовый расход соединений бора, измеренный до и после обработки отходящих газов, для эксплуатационной установки, снабженной скруббером сухой очистки плюс рукавной фильтр и дополнительный влажной промывки системы для борьбы с газообразными соединениями бора.

Таблица 3.22 Распределение соединений бора при различных температурах и стадий обработки дымовых газов

Температура отходящих газов	Условия отбора проб	Всего частиц	Всего соединений бора (частицы и газообразные), выраженные в B_2O_3
°C		кг/ч	кг/ч
189	Необработанные отходящие газы	3,14	11,2
164	После рукавного фильтра	0,30	7,25
108	После рукавного фильтра и мокрой очистки газов	0,29	2,96

Диапазон выбросов в атмосферу приведен в таблице 3.23, где представлены данные, относящиеся к применению как первичных, так и вторичных методов борьбы с выбросами.

Таблица 3.23 Уровни выбросов из печей, производящих пряжу из непрерывного стекловолокна

Вещество	Техники борьбы с первичными загрязнениями в мг/нм^3 (') (кг/т сваренного стекла)	Приемы борьбы со вторичными загрязнениями в мг/нм^3 (кг/т сваренного стекла)
Оксиды азота (как NO_2) с кислородно- топливным горением	600 - 1600 (2.7 - 7.2)	Примеры борьбы со вторичными загрязнениями отсутствуют
Оксиды азота (как NO_2) с кислородно- топливным горением	(0.3 - 1.9)	Примеры борьбы со вторичными загрязнениями отсутствуют
Оксиды серы (как SO_2)	150 - 1200 (0.75 - 6.0)	Примеры борьбы со вторичными загрязнениями отсут-

Вещество	Техники борьбы с первичными загрязнениями в мг/нм^3 (') (кг/т сваренного стекла)	Приемы борьбы со вторичными загрязнениями в мг/нм^3 (кг/т сваренного стекла)
		ствуют
Твердые частицы	(<0.14 - 0.35)	5 - 50 (0.02 - 0.24)
Фтористые соединения (HF)	<20 (<0.09) (никаких добавлений фторида) 50 - 400 (0.25 - 2.0) (добавка фторида)	<20 (<0.1)
Хлориды (HCl)	<10 (<0.05)	<10 (<0.05)
Металлы первой группы (As, Co, Ni, Cd, Se,Cr^{vi})(^{2})	<1(<0.0045)	<1(<0.0045)
Металлы групп 1+2 (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{vi}, Sb, Pb, Cr^{III}, Cu, Mn, V, Sn)$^{(2)}$	<3 (<0.014)	<3 (<0.014)
(') Величины, указанные в концентрации (мг/нм^3) относятся к следующим состояниям: сухость, температура 0 °C (273K), давление 101.3 кПа, 8 % объемного кислорода. (^{2}) См. определение металлов группы 1 и 2 в Таблице 3.3, раздел 3.1.2.1.		

Основные приемы, применяемые для сокращения выбросов пыли, заключаются в рецептах шихты с низким содержанием оксида бора или не содержащих бор вообще. Использование рецептов шихты, не содержащих бора, и тщательный контроль над пылеуносом компонентов шихты, позволяет сократить содержание твердых примесей до уровня менее 0.14 кг/т сваренного стекла при эксплуатации печей на кислородно-топливном горении.

Выбросы оксидов азота от кислородно-топливных печей составляют более низкие величины с точки зрения удельных факторов выбросов (кг/т сваренного стекла) при увеличении объема продукции, выплавляемой печью, и использовании электроподогрева. Печи с более высокой производительностью демонстрируют показатели в пределах 3.0 – 5.0 кг/т сваренного стекла.

Выбросы фторидов напрямую связаны с использованием в рецепте шихты соединений, содержащих фтор, который используется в качестве плавильного флюса или для улучшения процесса волокнообразования. Если фтористые вещества не добавляются в рецепт шихты, то достигнутые уровни HF зависят от примесей, содержащихся в сырье, в частности силикате алюминия и каолине, при низких переменных уровнях фторида.

3.4.2.3 Мероприятия части процесса далее по технологической линии

Материалы, используемые для покрытия, обычно имеют водную основу, и отфильтрованный шлам волокон часто высушивается в духовых шкафах. Процесс сушки порождает выбросы водяного пара и любых летучих соединений при температуре сушки. Покрытия химически связываются со стеклом в ходе процесса сушки, и уровень выбросов, в общем и целом, достаточно низкий. Однако рецепты покрытия и, следовательно, выбросы могут существенно различаться, и при этом имеются результаты лишь ограниченного количества измерений, связанных с процессом сушки. Они показывают, что выбросы летучих органических соединений варьируются от едва различимых уровней до максимальной величины 70 мг/нм^3, что составляет менее 100 г/ч.

Выбросы также могут возникать вследствие вторичной обработки для производства матов и стекловолоконной ткани, что включает использование вяжущих веществ, которые должны быть выдержаны или высушены. И по этому вопросу имеется слишком ограниченная информация, что указывает на широкие различия в величинах выбросов, в зависимости от используемых приемов борьбы с загрязнениями и веществ. Максимальные выбросы летучих органических соединений, о которых сообщалось, составляли 150 мг/нм^3 и 270 г/ч.

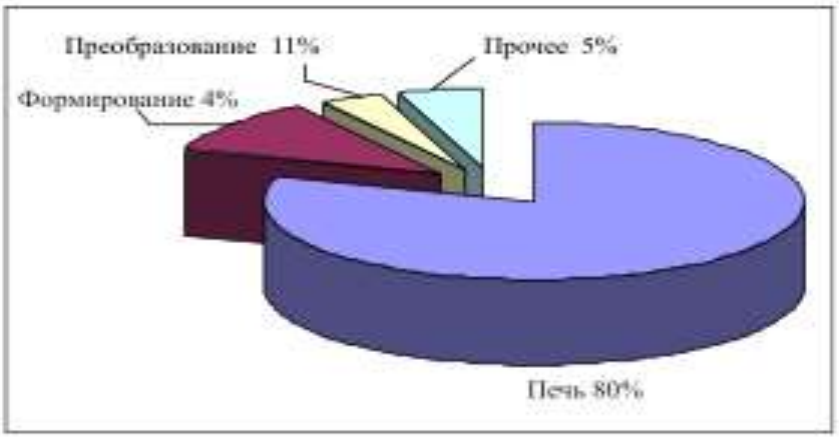
3.4.3 Выбросы в воду

Выбросы возникают из зоны формования, приготовления связующего вещества, очистки, охлаждения, применения связующего вещества для ткани/ мата и систем очистки на водной основе. Основной источник выбросов находится в зоне формования. В силу высокой скорости работы намоточных устройств (центробежное действия) и движения волокон в ходе процесса формования, какая-то часть примененного связующего вещества разрывается и выдавливается.

Выбросы могут возникать в зоне приготовления связующих веществ вследствие проливов и утечек, которые поступают в систему сточных вод. Совокупный расход воды на тонну готового продукта, как правило, составляет 4-20 м^3, и потери системы охлаждения (продувание и испарение), составляют приблизительно 20 % от этой вели-

чины.

Рисунок 3.6 Прямой расход энергии в процессе производства непрерывного стекловолокна



3.4.4 Энергия

Прямое распределение энергозатрат для процесса производства непрерывного стекловолокна показано на рисунке 3.6. Использование энергии в конкретных процессах может варьироваться и зависеть от размера плавильной печи и характера процессов вниз по технологической цепочке. В общем и целом, свыше трех четвертей энергии используется для процесса плавления. Формование, включая нагревание фильерной пластины, и конверсия продукта составляют примерно 15 % затрат на энергию, а
остальная энергия используются для обслуживания, контрольных систем, освещения и обогрева производственных помещений.

Большинство печей в этом секторе представляют собой печи рекуперативного типа на газовом топливе, некоторые оборудованы системой электроподогрева (до 20 % энергии плавления).

Энергопотребление технологического процесса зависит от многих факторов, основные из которых охарактеризованы в разделе 3.1.3. Энергопотребление процесса плавления, как правило, составляет от 7 до 18 ГДж/т расплава, хотя для некоторых небольших печей, производящих специализированные композиции, оно может доходить до 30 ГДж/т.

3.5 Сортовое стекло

При производстве натрий-кальций-силикатного стекла чистый выход стекольной продукции обычно составляет 50 – 90 % (в среднем равняется 85 %) от используемого сырьевого материала, а нижние значения составляют приблизительно 40 % для производства высококачественных бокалов. Для свинцового хрусталя коэффициент выхода готовой к упаковке продукции составляет 35 – 80 % (в среднем равняется 75 %). В приведенной таблице 3.24 обобщаются основные параметры на входе и выходе процесса варки для натрий-кальций-силикатного стекла, хрустального стекла и свинцового хрусталя. Значения для других типов сортового стекла лежат в промежутке между предоставленными примерами.

Таблица 3.24 Обзор исходных ресурсов и продукции сектора производства сортового стекла

	Единиц/т расплавленного стекла	Натрий-кальций-силикатное стекло ([1])	Хрустальное стекло и свинцовый хрусталь
		Диапазон (среднее значение)	Диапазон (среднее значение)
Исходные ресурсы			
Энергия, газ	ГДж	5 - 14 (9)	0,5 - 5 (3)
Энергия, электричество	ГДж	1 - 4 (2,5)	1 - 6 (4)
Кварцевый песок	тонна	0,65 - 0,75 (0,6)	0,20 - 0,50 (0,42)
Карбонаты	тонна	0,3 - 0,42 (0,34)	0,08 - 0,20 (0,14)
Окись свинца	тонна		0 - 0,30 (0,18) (2)
Незначительные минеральные компоненты	тонна	0,02 - 0,08 (0,04)	0,005 - 0,02 (0,01)
Собственный стекольный бой	тонна	0,15 - 0,5 (0,25)	0,25 - 0,65 (0,35)
Упаковочные материалы	тонна	0,06 - 0,20 (0,1)	0,06 - 0,20 (0,1)
Стеклоформы и прочее	тонна	0,001 - 0,003 (0,002)	0,001 - 0,003 (0,002)
Вода	$м^3$	2 - 9 (7)	2 - 55 (11)
Гидрофтористая кислота (100 %)	кг/т стекла, полированного с использованием кислоты ([3])		40 - 130 (65)
Серная кислота (96 %)	т/т HF (100 %) ([3])		1-10 (5)
Гидроокись натрия	т/т HF (100 %) ([3])		0-0,2 (0,1)

	Единиц/т расплавленного стекла	Натрий-кальций-силикатное стекло ([1])	Хрустальное стекло и свинцовый хрусталь
		Диапазон (среднее значение)	Диапазон (среднее значение)
Гидроксид кальция	т/т HF (100 %) ([3])		1 - 10 (4)
Свежая промывочная вода	т/т HF (100 %) ([3])		0,025 - 0,07 (0,05)
Продукция			
Готовые, расфасованные и упакованные изделия	тонна	0,4 - 0,9 (0,85)	0,35 - 0,8 (0,75)
Выброс загрязнителей в воздух CO_2 NO_X SO_X Пыль H_2O	кг	 150 - 1000 (700) 0,2 - 6 (2,5) 0,1 - 1,0 (0,5) 0,001 - 0,3 (0,2) 60 - 500 (300)	 150 - 400 (300) 0 - 11 (2,7) 0,1 - 0,3 (0,2) 0,001 - 0,3 (0,03) 60 - 250 (120)
Отработавшая вода	$м^3$	2-9(6)	2 - 54 (11)
Собственный стекольный бой	т	0,15 - 0,4 (0,25)	0,25 - 0,65 (0,35)
Отходы для повторного использования	кг	10 - 60 (30)	10 - 60 (30)
Прочие отходы	кг	6 - 50 (10)	6 - 50(10)
Отходы для повторного использования: $PbSO_4$ или $PbCO_3$ $CaSO_4$	т/т HF (100%) ([3]) т/т HF (100%) ([3])		0,2 - 1,5 (0,8) 2-20 (7,5)
Отходы для повторного использования: Осадок после огранки Шлам, содержащий тяжелые металлы	т/т HF (100%) ([3]) т/т HF (100%) ([3])		0,3 - 0,7 (0,45) 0,1 - 0,5 (0,3)

([1]) Эти данные относятся к обычным печам (то есть не электрическим).

([2]) Принимая во внимание добавление окиси свинца, ассортимент включает в себя все хрустальное стекло и химические составы свинцового хрусталя.

([3]) Относительно полирования с использованием кислоты, расход 100 % гидрофтористой кислоты является наилучшим контрольным параметром, потому что он принимает во внимание соотношение поверхность/объем. Расход 100 % HF на тонну стекла, полированного с использованием кислоты, будет зависеть от соотношения поверхность/объем и, следовательно, от типов полируемых изделий.

3.5.1 Исходные сырьевые материалы

Исходные сырьевые материалы варьируются в зависимости от состава производимого стекла и номенклатуры изделий. Основными типами стекла являются натрий-кальций-силикатное стекло, свинцовый хрусталь, хрустальное стекло, боросиликатное стекло, непрозрачное стекло и стеклокерамика. Основные сырьевые материалы, используемые при изготовлении сортового стекла, приведены в таблице 3.25.

Таблица 3.25: Материалы, использованные в секторе производства сортового стекла

Описание	Материалы
Стеклообразующие материалы	Кварцевый песок, переработанный стеклянный бой, содержащее бор сырье (например, бура, улексит, борная кислота, колеманит)
Стеклянный промежуточный продукт и модифицирующие материалы	Карбонат натрия, карбонат калия, карбонат бария, известняк, доломит, глинозем, нефелиновый сиенит, мышьяк, карбонат сурьмы, окись свинца, флюорит, диоксид титана
Окислители стекла и осветляющие вещества	Сульфат натрия, нитрат натрия, нитрат калия
Красители и обесцвечиватели стекла	Оксиды хрома, железо, кобальт, медь, марганец, никель, кадмий и селен или селенит цинка, церий
Средства для нанесения покрытия на изделие	Неорганические или органические хлориды металла. Преимущественно четыреххлористое олово, четыреххлористый титан и монобутил-треххлористое олово
Смазки изделий	Смазки на основе полиэтилена и жирные кислоты (например, олеиновая кислота)
Топлива	Природный газ, электричество, мазут, бутан, пропан, ацетилен
Вода	Централизованные источники и местные естественные источники (скважины, реки, озера, и т.д.)
Вспомогательные материалы	Упаковочные материалы включают в себя пластмассы, бумагу, картон и древесину. Смазки, способствующие раскрытию пресс-формы, обычно являются жаропрочными разделительными смазками на основе графита. Машинные смазки, преимущественно минеральные масла. Технологические газы включают в себя кислород и водород. Полировальные материалы, главным образом концентрированные

Описание	Материалы
	неорганические кислоты (HF, H_2SO_4), а также NaOH. Отделочные материалы, эмали, пески. Химические вещества для обработки воды для охлаждающей воды и отработавшей воды.

Сырье для изготовления шихтовой смеси смешивают в заданной пропорции для производства стекла с требуемым составом.

В производстве свинцового хрусталя обычно бывает необходимо полировать стекло после огранки. Наиболее распространенным способом выполнения этой процедуры является погружение стекла в смесь концентрированной фтористоводородной и серной кислоты, и затем промывка его водой. Для некоторых изделий выполняются виды обработки поверхности, аналогичные видам обработки, применяемым в секторе стеклянной тары, описанные в разделе 3.2.

Для варки стекла используются природный газ и электричество либо отдельно, либо в сочетании друг с другом.

В большинстве случаев вода в секторе сортового стекла используется для охлаждающих систем и очистки.

3.5.2 Выброс загрязнителей в воздух

3.5.2.1 Сырье

В большинстве современных процессов производства сортового стекла бункеры и смесительные емкости оборудованы системами фильтрования, которые уменьшают выбросы пыли до уровня ниже 5 мг/м^3 при нормальных условиях. Обычно для предотвращения выбросов загрязняющих веществ используются определенные средства и системы контроля (например, пылеудаление и пневматическое транспортирование), и, следовательно, уровни выбросов загрязняющего вещества обычно бывают очень низкими.

3.5.2.2 Варка стекломассы

В секторе производства сортового стекла самыми большими потенциальными выбросами в окружающую среду загрязняющих веществ являются выбросы в воздух загрязнителей от деятельности, связанной с варкой стекла. Основные выделяемые вещества и соответствующие источники идентифицированы в Разделе 3.1.2.1. В этом секторе можно найти разнообразные изделия и большинство технологий плавления, описываемых в Главе 2. Энергия для технологического процесса может быть получена путем использования природного газа или электричества. Обобщенные результаты о различных видах выбросов загрязнителей в воздух приводится в Таблице 3.26. Эти данные приведены только для выбросов загрязняющих веществ из печей для производства натрий-кальций-силикатного стекла, хрустального стекла и свинцового хрусталя.

Таблица 3.26 Обобщенные результаты по выбросам загрязнителей в воздух из печей для производства сортового стекла

Вещество	Натриево-кальциево-силикатное стекло ([1])		Хрустальное стекло и свинцовый хрусталь	
	мг/нм^3 (среднее значение)	кг/т расплавленного стекла (среднее значение)	мг/нм^3 ([1]) (среднее значение)	кг/т расплавленного стекла (среднее значение)
Оксиды азота (как NO_2)([2])	300 - 2100 ([2]) (1100)	0,2 – 6 (2,5)	300 – 2300 (840)	0,2 – 11 (2,7)
Оксиды серы (как SO_2)	80 – 310 (180)	0,1 - 1,0 (0,5)	60 – 130 (80)	0,1 - 0,3 (0,2)
Твёрдые частицы	0,5 – 220 (90)	0,001 - 0,3 (0,2)	0,1 – 13 (4)	0,001 - 0,3 (0,03)
Фториды (HF)	0,2 – 5 (2)		0,1 – 10 (2)	<0,003
Хлориды (HCl)	0,1 – 20 (10)		0,2 – 2 (1)	<0,004
Металлы (включая свинец)	<5		0,05 - 0,5 (0,2)	<0,01
([1]) Эти данные относятся к обычным печам (то есть не к электрическим). ([2]) Некоторые высокие результаты относятся к использованию нитратов в шихте или к другим специфическим условиям (например, очень низкий удельный съем стекломассы).				

Выбросы фторидов, свинца и прочих металлов напрямую связаны с использованием соединений, содержащих эти вещества в шихте. Как правило, тяжелые металлы

выделяются в атмосферу в виде твердых частиц, и связаны со стекольной продукцией с высоким содержанием металлов (например, свинцовый хрусталь) или, более редко, с использованием стекольного боя, который содержит тяжелые металлы. В некоторых случаях, фториды добавляются в качестве сырья для обеспечения соответствия требованиям состава стекла; в других случаях они являются примесями некоторого сырья.

3.5.2.3 Последующие действия

Для натрий-кальций-силикатного стекла может применяться обработка поверхности. Методы обработки и выбросы загрязняющих веществ аналогичны методам обработки и выбросам, описанным для стеклянной тары в Разделе 3.2.2.3.

Пары из кислотной ванны реагируют в воде, производя гексафторкремниевую кислоту (H_2SiF_6) при концентрациях до 35 %. Эта кислая вода должна быть нейтрализована перед выбросом или, при некоторых обстоятельствах она может быть восстановлена для использования в химической промышленности.

Выбросы примесных газов, измеренные после системы очистки газа, используемой для обработки кислотных паров, показывают меры концентрации HF ниже 5 мг/м^3 при нормальных условиях.

3.5.3 Выброс вредных веществ в воду

Водные выбросы будут содержать воду от промывки системы охлаждения, моющие воды и поверхностные сточные воды..

Однако, производство определенных изделий, в частности стекол, которые содержат свинец, может повлечь за собой другие прямые выбросы, которые могут содержать свинец или иные соединения.

Основные потенциальные источники загрязненной отработавшей воды включают в себя: моющие воды из областей, где, возможно, был пролит сырьевой материал (который может содержать свинец, мышьяк, сурьму и т.д.), и из воды, использованной при огранке и шлифовке изделий. В большинстве процессов используются технологические методы для удаления твёрдых частиц, например, механическая очистка сточных вод, осаждение и образование хлопьевидного осадка для удовлетворения местным требованиям.

Полирование с использованием кислоты также влечет за собой выброс вредных веществ в воду. После опускания стекла в кислоту на его поверхности появляется слой сернокислого свинца и гексафторсиликаты. Их смывают горячей водой, которая станет кислой и будет содержать сернокислый свинец.

Процесс полирования стекла также приводит к небольшому растворению стекла, которое частично осаждается в кислотной ванне в виде смеси солей, которая после разделения дает 'шлам от травления стекла'. Этот шлам обрабатывают, фильтруя и промывая для того, чтобы получить сернокислый свинец, или обеспечивая реакцию с карбонатом кальция или натрием для того, чтобы получить карбонат свинца. Оба продукта могут повторно использоваться в качестве сырья (повторно вводя их в шихту) или восстанавливаться в других процессах. Типовые концентрации, измеренные в точке выброса газообразных отходов, приводятся в Таблице 3.27.

Таблица 3.27 Типичные концентрации, измеренные в воде в точке выброса газообразных отходов, после обработки

Параметр	Измеренное значение (мг/л)
Общее количество взвешенных твердых частиц	<50
Pb	<0,05
Sb	<0,1
F	<6
SO_4^{2-}	<1000
Углеводороды	<1

3.5.4 Энергия

Расход энергии обычно относится только к основному процессу и не включает в себя последующие действия, такие как гравирование, резание, полирование, сварка и т.д. Типовой расход энергии для этих последующих действий может достигать от 5 до 10 ГДж/т произведенного стекла. Распределение использования энергии для типового производства сортового стекла из натрий-кальций-силикатного стекла показано на рисунке 3.7.

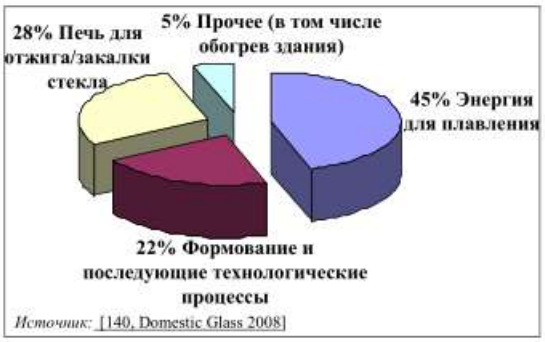


Рисунок 3.7 Использование энергии в производстве столовой посуды из натрий-кальций-силикатного стекла

Варка свинцового хрусталя в электропечи предусматривает использование высококачественных огнеупорных материалов, которые обеспечивают намного более высокую корозионностойкость по отношению к расплаву стекломассы и лучшее качество стекла, поэтому ниже процент брака и выше выход годных изделий. Непрерывный характер плавления в электропечи и то обстоятельство, что отсутствуют горячие топочные газы от процесса горения, часто приводят к созданию более эффективному автоматизированному формованию. Однако суммарное энергопотребление, в том числе с учетом последующих действий, может привести к потреблению энергии со значениями близкими к 25 ГДж/т изделий.

3.6 Специальное стекло

Сектор производства специального стекла охватывает различные изделия. Многие технологические линии не соответствуют критериям производительности 20 т/сутки, если они не связаны с другими печами. Более 53 % объема данного сектора составляют колбы электрических ламп и трубки, и приблизительно 9 % составляют ситаллы. Количественная информация предоставляется только для ситаллов, трубок из боросиликатного стекла и колб электрических ламп.

3.6.1 Исходные вещества

Химический состав специального стекла изменяется в зависимости от типа стекла, его эксплуатационных характеристик и области применения, и обычно выражается

посредством процентного содержания оксидов элементов, которые он содержит. Стандартные типы стекла указаны в Разделе 2.7. В Таблице 3.28 приведено основное сырье, используемое для получения этих составов.

Информация по исходным веществам для ситаллов, боросиликатных стеклянных трубок и колб электрических ламп из натрий-кальций-силикатного стекла приводится в Таблице 3.29.

Таблица 3.28: Материалы, используемые в секторе производства специального стекла

Описание	Материалы
Стеклоформирующий материал	Кварцевый песок и высокочистый кварцевый песок, переработанный стекольный бой
Промежуточный материал и модифицирующие материалы для стекла	Карбонат натрия, карбонат калия, известняк, доломит, глинозем, гидроокись алюминия, оксид циркония, бура, борная кислота (чистая для некоторых областей применения), углерод, оксид свинца, оксид титана, оксид олова, карбонат стронция, карбонат лития, карбонат бария, сподумен, флюорит, нефелиновый сиенит, полевые шпаты, хлорид натрия, фосфаты и фториды
Окислители стекла и осветляющие вещества	Сульфат натрия, нитрат натрия, нитрат калия, мышьяк (As_2O_3), сурьма (Sb_2O_3), углерод
Красители для стекла	Хромистый железняк, окись железа, оксид кобальта, селен или селенит цинка, оксиды титана, редкоземельных элементов,
Топливо	Природный газ, электричество, мазут, бутан, пропан, ацетилен
Вода	Водопроводная сеть и местные естественные источники (скважины, реки, озера и т.д.)
Вспомогательные материалы	Упаковочные материалы включают в себя пластмассы, бумагу, картон и древесину Смазки, способствующие раскрытию пресс-формы, обычно жаропрочные разделительные смазки на основе графита Машинные смазки, преимущественно минеральные масла Технологические газы включают в себя азот, кислород, водород и сернистый ангидрид Химические вещества для обработки воды для охлаждающей воды и отработавшая вода

Таблица 3.29: Обзор исходных ресурсов и выбросов для ситаллов, трубок из боросиликатного стекла и колб электрических ламп из натрий-кальций-силикатного стекла

		Ситаллы	Стеклянные трубки (боросиликатное стекло)		Колбы электрических ламп
Тип печи		Рекуперативная печь с кислородным дутьем	Рекуперативная печь с кислородным дутьем	Стекловаренная ванная регенеративная печь с поперечным направлением пламени	Стекловаренная ванная регенеративная печь с поперечным направлением пламени
Производительность печи		30 - 65 т/сутки	10 - 55 т/сутки	10 - 55 т/сутки	50 - 150 т/сутки
Исходные ресурсы	Единиц /т расплавленного стекла				
Энергия, газ	ГДж	5,5 - 11	10 - 15	14 - 17	5 - 14
Энергия, электричество	ГДж	1 - 8			
SiO_2 (расчетное значение)	кг	660 - 685	740 - 760	740 - 760	400 - 700
$Al(OH)_3$ (расчетное значение)	кг	310 - 340	22 - 26	22 - 26	
CaO, $CaCO_3$	кг		18 - 22	18 - 22	100 - 400
K_2O, K_2CO_3	кг				20 - 100
Na_2CO_3, Na_2O	кг		22 - 28	22 - 28	100 - 300
CaF_2	кг		3 - 7	3 - 7	
TiO_2	кг	12 - 45			
Li_2CO_3 (расчетное значение)	кг	85 - 110			
B_2O_3	кг		220 - 240	220 - 240	10 - 100
$NaNO_3$, KNO_3	кг	9,5 - 15	20 - 25	20 - 25	50 - 250
ZrO_2	кг	12 - 45			
ZnO	кг	12 - 45			
Незначительные минеральные компоненты	кг	3,5 - 10	1 - 2	1 - 2	0,5 - 20
Собственный стекольный бой	кг	250 - 550	200 - 400	150 - 350	100 - 500
Вода	$м^3$	1,5 - 2,5	1,7 - 2,8	1,7 - 2,8	Замкнутый

		Ситаллы	Стеклянные трубки (боросиликатное стекло)		Колбы электрических ламп
					водяной контур
Отходы					
Выброс загрязнителей в воздух					
Скруббер отработавшего газа		Мешочный фильтр	Мешочный фильтр/ESP	Мешочный фильтр/ESP	ESP
CO_2	кг	410 - 500	900 - 1150	950 - 1300	400 - 600
NO_X (как NO_2)	кг	3,6 - 6,5	5 - 8	7 - 12	0,1 - 6
SO_X (как SO_2)	кг		0,02 - 0,07	0,02 - 0,07	0,01 - 0,05
HCl	кг		0,02 - 0,08	0,02 - 0,08	0,02 - 0,08
HF	кг		0,002 - 0,004	0,002 - 0,004	
Пыль	кг	0,001 - 0,08	0,001 - 0,08	0,001 - 0,08	0,001 - 0,08
Тяжелые металлы	кг	0,003 - 0,02	0,001 - 0,02	0,001 - 0,02	
Отработанная вода		0,8 - 1,5	1 - 1,6	1 - 1,6	Замкнутый водяной контур

3.6.2 Выброс загрязнителей в воздух

3.6.2.1 Сырьевые материалы

В большинстве процессов производства специального стекла бункеры и смесительные емкости оборудованы системами фильтрования, которые уменьшают выбросы пыли до значения менее чем 5 мг/м^3 при нормальных условиях.

3.6.2.2 Стекловарение

В секторе производства специального стекла самыми большими потенциальными выбросами в окружающую среду являются выбросы загрязнителей в воздух от деятельности, связанной с варкой стекла. Широкий спектр и особый характер изделий сектора производства специального стекла приводят к использованию более широкого ассорти-

мента сырья. Например: конусы электронно-лучевых трубок и некоторые оптические стекла содержат высокие уровни оксидов свинца от 20 % до 70 %; в определенные составы стекла могут входить специализированные осветлители, такие как оксиды мышьяка и сурьмы; а некоторые оптические стекла могут содержать 35 % фторида и 10 % оксида мышьяка. Выбросы фторидов, свинца, мышьяка и прочих металлов непосредственно относятся к использованию соединений, которые содержат эти вещества в шихте.

Уровни выбросов загрязняющих веществ, выраженные в кг/т расплавленного стекла, предоставлены в Таблице 3.29 для четырех различных процессов.

3.6.3 Выброс вредных веществ в воду

Основное использование воды приходится на охлаждение и очистку.

Однако разносторонность сектора производства означает, что невозможно идентифицировать все потенциальные выбросы загрязняющих веществ, и каждый случай должен оцениваться в отдельности. Некоторые количественные данные, касающиеся водопотребления и сточных вод в расчете на тонну расплавленного стекла, предоставлены для четырех процессов в приведенной выше Таблице 3.29.

3.6.4 Энергия

Для такого разнообразного сектора производства очень сложно предоставить общие сведения о потреблении энергии. В Таблице 3.29 приведены данные удельных энергозатрат для плавильных печей приводятся для трех различных типов изделий, в пределах от минимум 5 ГДж/т до 17 ГДж/т расплавленного стекла, в зависимости от типа изделия, размера печи и технологии плавления.

Температуры плавления для специальных стекол обычно бывают выше, чем температуры плавления для стекол серийного производства, и, что размеры печей для варки специального стекла, как правило, меньше, чем в прочих секторах производства стекольной промышленности. Оба этих фактора приводят к более высоким выбросам CO_2 и более высоким удельным энергозатратам.

3.7 Минеральное волокно

Главный выходной весовой расход – это продукт, который может составлять 75 – 95 % – для процессов производства стекловаты. Важным фактором в этом является повторное использование твёрдых отходов процесса производства, которое значительно увеличивает эффективность использования сырья. Потери возникают посредством твердых остатков, сточных вод и выброса загрязнителей в воздух.

3.7.1 Исходные вещества

Химический состав минерального волокна может колебаться в широких пределах. Сырье, которое может использоваться для получения стеклянной ваты указан в Таблице 3.30.

Утилизируемые отходы стекла (отходы натрий-кальций-силикатного листового и тарного стекла) широко используются в качестве сырья для производства стекловаты.

Таблиц 3.30: Материалы, используемые в секторе производства минерального волокна

Описание	Материалы
Стеклянная вата	Кварцевый песок, переработанный стеклянный бой, привозной стекольный бой, промышленные отходы, нефелиновый сиенит, карбонат натрия, карбонат калия, известняк, доломит, сульфат натрия, бура, колеманит, улексит
Связующие материалы	Фенолоформальдегидная смола (в растворе), фенол, катализатор формальдегида и полимера (если полимер произведен на производственном объекте), аммиак, мочевина, минеральное масло, силикон, силан, вода
Топливо	Природный газ, электричество, кокс (только базальтовое волокно / шлаковая вата), вспомогательные топлива (мазут, пропан, бутан)
Вода	Водопроводная вода и местные естественные источники (скважины, реки, озера и т.д.)
Вспомогательные материалы	Упаковочные материалы, включая пластмассы, бумагу, картон, и древесину. Машинные смазки, преимущественно минеральные масла. Технологические газы, азот и кислород. Химические вещества для обработки охлаждающей воды и отработавшая вода.

Соотношение минерального волокна и связующего вещества будет меняться в зависимости от применения изделия. Как правило, изделия из минерального волокна содержат 95 – 98 % волокна по массе. Некоторые очень редкие изделия будут иметь максимум 20 % связующего вещества с 1 % минерального масла и 0,5 % разнообразных компонентов (например, силикон).

Как и в случае всех процессов в стекольной промышленности, значительная масса сырья будет выделяться в виде газов при плавлении. Это будет зависеть главным образом от количества примененного повторно используемого материала, но для типового процесса производства минерального волокна, потери веса при прокаливании будут обычно около 10 %.

Сырье для связующего вещества обычно производится из жидких химических веществ, хотя иногда используются и порошкообразные твердые химические вещества. Фенольная смола может быть либо произведена на производственном объекте, либо куплена у внешнего поставщика.

Вода может использоваться в технологическом процессе для охлаждения, очистки и для разбавления связующего вещества, и дисперсии.

3.7.2 Выброс загрязнителей в воздух

В секторе производства минерального волокна выброс загрязнителей в воздух может быть разделен на три части: обработка сырья, выбросы загрязняющих веществ от деятельности, связанной с варкой стекла, и выбросы загрязняющих веществ от последующих технологических процессов или линейных операций (то есть волокнообразование и формование, отверждение изделия, охлаждение изделия и чистовая обработка изделия). Выбросы загрязняющих веществ от последующих технологических процессов, количество которых сложно определить, вызывают запахи.

3.7.2.1 Сырьевые материалы

В большинстве современных процессов производства стекловаты бункеры и смесительные емкости оборудованы системами фильтрования, которые уменьшают выбросы пыли до менее чем 5 мг/м^3 при нормальных условиях.

3.7.2.2 Стекловарение

Печи для производства стекловаты преимущественно являются печами, работающими на газовоздушной смеси (обычно с дополнительным электроподогревом), но с существенным количеством электрических печей и меньшим количеством газовых рекуперативных печей с кислородным дутьем.

Все в большей степени важным фактором, влияющим на выбросы загрязняющих веществ во время процесса плавления, является доля от повторно используемых материалов. Если в печи повторно используется волокно, которое содержит связующее вещество, должен учитываться органический компонент. В Таблице 3.31 приводится полный спектр выбросов загрязняющих веществ из печей для производства минерального волокна. Данные в ней приводятся и в концентрациях (мг/нм^3), и в коэффициентах выбросов (кг/т расплавленного стекла).

Таблица 3.31 Выбросы загрязняющих веществ из плавильных печей для производства стекловаты

	Стекловата		
Тип печи	Электрическая печь	Рекуперативная печь	Газовая рекуперативная печь с кислородным дутьем
Вещество ([1])	мг/нм^3 (кг/т)	мг/нм^3 (кг/т)	мг/нм^3 (кг/т)
Твёрдые частицы	0,2 - 128 (0,001 - 0,4)	0,3 - 35 (0,03 - 0,1)	0,2 - 20 (0,001-0,016)
Оксиды серы, как SO_2	0,4 - 120 (0,001 - 0,02)	1-30 (0,002 - 0,5)	0,5 - 115 (0,002 - 0,32)
Оксид азота, как NO_2 ([2])	13 - 580 (0,5 - 2,0)	50 - 1200 (0,3 - 10,6)	9-240 (0,02 - 0,4)
HF	0,1 - 3,0 (0,001 - 0,01)	0,13 - 20 (0,001-0,05)	0,09 - 3,2 (0,001 - 0,01)
HCl	0,1 - 4,5 (0,001 - 0,02)	0,2 - 7 (0,001- 0,06	0,55 - 3 (0,001-0,003)
Средняя величина	9	7	5
[1]) Меры концентрации рассматриваются при 273 K, 1013 ГПа и сухих природных газах. Коэффициенты выбросов выражены в кг на тонну расплавленного стекла.			

([2]) Более низкие уровни оксида азота из газовых рекуперативных печей с кислородным дутьем.

В Таблице 3.32 приведены значения, относящиеся к выбросам пыли из электрических и газовых печей, применяемых для производства стекловаты.

Таблица 3.32: Выбросы пыли из печей для производства стекловаты

Тип печи	Приведенные данные	мг/нм^3		
		Сред.	Мин.	Макс.
Электрическая печь				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	100 %	33	0	188
	75 %	37		
	50 %	9		
С мешочным фильтром	100 %	36	0	274
	75 %	47		
	50 %	20		
С электростатическим пылеуловителем	100 %	9	0	17
	75 %	15		
	50 %	9		
Печь, работающая на газовоздушной смеси				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	100 %	189	8	651
	75 %	552		
	50 %	29		
С электростатическим пылеуловителем	100 %	20	2	90
	75 %	27		
	50 %	15		
Газовая печь с использованием горения топлива в кислороде				
С электростатическим пылеуловителем	100 %	5	1	19
	75 %	6		
	50 %	4		
С дополнительным электроподогревом и электростатическим пылеуловителем	100 %	7	1	76
	75 %	8		
	50 %	3		

В Таблице 3.33 приводятся значения, относящиеся к выбросам оксидов серы из электрических и газовых печей для производства стекловаты.

Таблица 3.33 Выбросы оксида серы от плавильных печей для производства стекловаты

Тип печи	Приведенные данные	мг/нм^3 (как SO_2)		
		Среднее значение	Мин.	Макс.
Электрическая печь				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	100 %	2	1	6
С мешочным фильтром	100 %	5	0	13
С электростатическим пылеуловителем	100 %	3	0	14
Печь, работающая на газовоздушной смеси				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	100 %	34	1	133
С электростатическим пылеуловителем	100 %	22	0	119
Газовая печь с использованием горения топлива в кислороде				
С электростатическим пылеуловителем	100 %	10	0	63
С дополнительным электроподогревом и электростатическим пылеуловителем	100 %	28	2	98

В Таблице 3.34 приводятся значения, относящиеся к выбросам окислов азота из электрических и газовых печей для производства стекловаты.

Таблица 3.34 Выбросы окислов азота из плавильных печей для производства стекловаты

Тип печи ([1])	Приведенные данные	мг/нм^3 (как NO_2)		
		Среднее значение	Мин.	Макс.
Электрическая печь				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	100 %	204	36	429
	75 %	245		
	50 %	175		
С мешочным фильтром	100 %	234	4	670
	75 %	442		

Тип печи ([1])	Приведенные данные	мг/нм^3 (как NO_2)		
		Среднее значение	Мин.	Макс.
	50 %	468		
С электростатическим пылеуловителем	100 %	514	13	1071
	75 %	970		
	50 %	232		
Печь, работающая на газовоздушной смеси				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	100 %	410	93	1031
	75 %	429		
	50 %	356		
С электростатическим пылеуловителем	100 %	636	110	1580
	75 %	800		
	50 %	601		
Газовая печь с использованием горения топлива в кислороде				
С электростатическим пылеуловителем	100 %	119	7	244
	75 %	170		
	50 %	116		
С дополнительным электроподогревом и электростатическим пылеуловителем	100 %	215	82	691
	75 %	242		
	50 %	154		
([1]) Ссылка на различные категории условий эксплуатации (без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением, с электростатическим пылеуловителем и с мешочным фильтром и т.д.) сделана только для согласованности с данными о выбросах, приведенных в Таблице 3.32 и Таблице 3.33.				

В Таблице 3.35 приводятся значения, касающиеся прочих выбросов загрязняющих веществ (HCl, HF, CO) из электрических и газовых печей для производства стекловаты.

Из таблицы также можно видеть, что выбросы HCl и HF из плавильных печей для производства стекловаты обычно бывают низкими.

Таблица 3.35: выбросы HCl, HF и CO из плавильных печей для производства стекловаты (100 % опубликованные данные)

Тип печи	Приведенные	мг/нм^3 ([1])		
		Сред.	Мин.	Макс.

	данные			
Электрическая печь				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	HCl	2	0	7
	HF	0,6	0.1	2.8
	CO	63	24	110
С мешочным фильтром	HCl	3	0	7
	HF	0,7	0.1	1.0
	CO	55	17	176
С электростатическим пылеуловителем	HCl	2	0	7
	HF	0,7	0,1	3,1
	CO	264	114	638
Печь, работающая на газовоздушной смеси				
Без вспомогательных мер по борьбе с загрязнением	HCl	6	5	7
	HF	2,4	0,6	3,3
	CO	165	61	280
С электростатическим пылеуловителем	HCl	3	0	19
	HF	3,0	0,1	20,0
	CO	7	1	20
Газовая печь с использованием горения топлива в кислороде				
С электростатическим пылеуловителем	HCl	1	0	5
	HF	0,4	0	2,6
	CO	42	3	121
С дополнительным электроподогревом и электростатическим пылеуловителем	HCl	3	0	32
	HF	0,8	0,1	2,3
	CO	36	2	241
([1]) Данные относятся к различным условиям измерения и условиям эксплуатации. Вследствие сравнительно низких исходных концентраций выбросов HCl и HF, система сухой очистки газа может и не применяться совместно с электростатическим пылеуловителем или мешочным фильтром.				

3.7.2.3 Последующие действия

Изделия из стеклянного волокна обычно содержат пропорциональную часть связующего вещества, основанного на фенольной смоле. Связующий раствор наносится на волокна в области формования, структурируется и высушивается в вулканизационной

печи. Отработавший газ области формования будет содержать твёрдые частицы – фенол, формальдегид и аммиак.

Твёрдые частицы состоят и из органического, и из неорганического материала, часто с частицами очень мелкого размера. Более низкие уровни летучих органических соединений и аминов также могут быть обнаружены, если они включены в связующую систему. Вследствие характера процесса, газовый поток имеет большой объем и высокое влагосодержание.

Важный фактор, который оказывает значительное воздействие на выбросы загрязняющих веществ от формования, отверждения и охлаждения, является уровнем связующего вещества, наносимого на изделие, так как изделия с большим содержанием связующего вещества обычно приводят к более высоким уровням выбросов загрязняющих веществ. Изделия обычно относятся к изделиям с низкой, средней и с высокой плотностью, охватывая диапазон между 10 и 80 кг/м^3, с содержанием связующего вещества 5 – 12 %.

В Таблице 3.36 приведен полный спектр выбросов загрязняющих веществ от последующих действий для предприятий по производству стекловаты со значениями, приведенными и в концентрациях (мг/нм^3) и в коэффициентах выбросов (кг/т изделия).

Таблица 3.36 Выбросы загрязняющих веществ при производства стекловаты (мг/нм^3)

Вещество	Комбинированное волокнообразование, формование и отверждение	Волокнообразование и формование	Отверждение изделия	Охлаждение изделия
Твёрдые частицы	4,4 - 128	11,4	65,2	12,5
	(0,11 - 5,23)	(0,68)	(0,27)	(0,04)
Фенол	0,25 - 20	1,63	0,81	
	(0,009 - 0,93)	(0,093)	(0,0034)	
Формальдегид	0,3 - 16	1,71	1,13	
	(0,04 - 0,48)	(0,091)	(0,014)	
Аммиак	6-130	21,95	109	
	(0,3 - 6,5)	(1,13)	(0,69)	
Оксиды азота (NO_X)	7,7	5,82		
	(0,2)	(0,18)		
Летучие органические со-	2-47,5	11,2	20,1	
	(0,11 - 2,76)	(0,56)	(0,09)	

Вещество	Комбинированное волокнообразование, формование и отверждение	Волокнообразование и формование	Отверждение изделия	Охлаждение изделия
единения				
Диоксид углерода (CO_2)	5236			
	(194)			
Среднее число результатов	15	3	3	1
([1]) Данные относятся ко всем методам, оборудованию и средствам борьбы с загрязнением.				

3.7.3 Выбросы в воду загрязняющих веществ

В большинстве процессов используются замкнутые системы технологического водоснабжения, и при наличии возможности охлаждающие воды и моющие воды подаются в эту систему. Большой объем системы технологического водоснабжения может являться потенциалом для загрязнения контуров чистой воды, таких как поверхностные воды и закалочная вода для стекольного боя. Если системы плохо сконструированы или неправильно эксплуатируются, могут возникнуть более серьезные выбросы загрязняющих веществ. Если используются технологические методы мокрой очистки газа, особенно химическая очистка газа, сточные воды могут и не быть совместимыми с системой технологического водоснабжения, что повлечет за собой дополнительное увеличение отходов всех видов.

3.7.4 Энергия

Преобладающими источниками энергии для плавления стекловаты являются природный газ и электричество. Электричество используется для общих служб, а мазут, иногда используются в качестве вспомогательного топлива. Тремя основными областями потребления энергии являются плавление, формирование волокнистой массы и отверждение. В Таблице 3.37 показан общий объем энергопотребления при производстве стекловаты.

Таблица 3.37: Использование энергии в производстве стекловаты

Распределение энергии	Стекловаты
	ГДж/т готовых изделий
Общий объем энергопотребления	9 – 20 % суммарной энергии
Плавление	20 - 45
Формирование волокнистой массы	25 - 35
Отверждение	25 - 35
Прочее	6 - 10

3.8 Фритты

Основное экстрактивное вещество из расплавленной массы при производстве фритт, является стекловидным веществом, с широким спектром различных химических составов. При сравнении с исходным используемым сырьем окончательный результат после плавления представляет собой 85 – 90 % оригинального веса, в зависимости от химического состава. Большая часть этой потери веса является результатом выбросов CO_2 и H_2O, происходящих во время процесса плавления и единственными потерями являются твёрдые частицы, которые первоначально не могут быть выделены из охлаждающей воды.

3.8.1 Исходные сырьевые материалы.

Перечень основного сырья и его процентное содержание в шихте, используемого в наиболее распространенных составах, представлен в Таблице 3.38.

Таблица 3.38: Основное сырье, используемое в производстве фритт

Тип фритты	Сырье	Содержание в шихте, %
Керамические фритты / стеклообразные фритты	Соединения циркония	7,7
	Полевой шпат	26,8
	Кварц	25,9
	Борная кислота	6,8
	Оксид цинка	8,4
	Доломит	8,4
	Карбонат кальция	13,4
	Нитрат калия	2,6
Эмалевые фритты	Бура	19,1

	Кварц	42
	Нитрат натрия	7,8
	Фторсиликат натрия	1,2
	Фторсиликат калия	7,8
	Фосфат натрия	3,2
	Оксид титана	18,9
Фритты с низкой температурой плавления	Красный свинец (Pb_3O_4)	50
	Кварц	19,8
	Оксид цинка	15,1
	Борная кислота	15,1

Вода используется для целей охлаждения и очистки, а также и для охлаждения и измельчения расплавленного стекла, а так же для мокрого способа охлаждения. Все водяные контуры являются замкнутыми контурами, и имеют соответствующие потери за счёт испарения. Природный газ используется как топливо.

3.8.2 Выброс загрязнителей в воздух

3.8.2.1 Сырьевые материалы

Все бункеры и смесительные емкости оборудованы системами фильтрования, которые уменьшают выбросы пыли до уровня менее 30 мг/нм^3. Выбросы пыли в какой-либо системе, с или без фильтров, зависят от количества перемещений сырья, размера гранулы, и количества обрабатываемого материала.

3.8.2.2 Варка фритт

При производстве фритт образуются выбросы вредных веществ в атмосферу в процессе варки стекла. Все печи в этом секторе производства работают на природном газе, и выбросы оксидов серы не превышают 200 мг/нм^3 в зависимости от сульфатного уровня шихты. В таблице 3.39 приведен типовой уровень выбросов загрязняющих веществ из печей при производстве фритт.

Таблица 3.39 Типовой уровень выбросов загрязняющих веществ из печей при производстве фритт

Вещество	Концентрация, мг/нм^3 ([1]) ([2])	Выброс массы загрязняющих веществ расплавленное вещество кг/т стекломас-

		сы ([1])
	Средние значения	Средние значения
Пыль	<40	<0.2
Оксиды азота (как NO_2)	1600 (3)	12 (3)
Оксиды серы (как SO_2)	<200	<1
Хлориды (HCl)	<10	<0,050
Фториды (HF)	<5	<0,025
Металлы (Группа 1+2)	<5	<0,025
Металлы (Группа 1)	<1	<0,01
(1) Данные, относящиеся к объёмам выпуска > 20 т/сутки. (2) Концентрации вредных примесей, относящиеся к концентрации кислорода 15 %. (3) Значения, относящиеся к многономенклатурному производству (химические составы с и без нитратов).		

Выбросы пыли зависят от эффективности применяемой системы очистки. Выбросы оксидов азота главным образом зависят от системы сжигания топлива (воздух/топливо, обогащенный кислородом воздух, с использованием горения топлива в кислороде) и содержания нитратов в сырье, используемом для подготовки состава шихты.

Считается, что из 1 кг нитратов, добавленных в состав шихты (нитраты натрия, калия или кальция), выделяется приблизительно 0,5 кг NO_2, так что из каждого 1 % нитратов, использованных в шихте, выделяется где-то максимум 5 кг NO_2 в расчете на тонну выплавленных фритт, если предполагается полное преобразование нитратов в NO_2. Степень преобразования нитратов составляет от 30 до 80 %.

На выбросы NO_X от процесса горения влияют различные применяемые технологии плавления и избыточный воздух, поддерживаемый в печи по техническим причинам. В таблице 3.40 приводятся значения выброса NO_X, связанные с различными условиями эксплуатации (тип процесса горения) и составами шихты (с или без нитратов).

Таблица 3.40: Примеры уровней выбросов NO_X от установки для производства фритты, работающей при различных условиях сгорания и с различными составами шихты

Печи ([1])	Условия эксплуатации	Нитраты в шихте, (%)	Характеристики топочного газа			Выбросы NO_X	
			(%)	Температура, °C	Объем, $нм^3$/час	$мг/нм^3$ ([2])	кг/т фритты

7	Горение топлива в кислороде; несколько типов химических составов фритты	1,9 ([3])	19,8	141	22011		10,9
1	Горение топлива в кислороде; кристаллическая фритта	0	21,2	66	17351		7,1
2	Горение топлива в кислороде; циркониевые фритты	1,7 - 4,1	21,2	114	7521		10,4
2	Обогащенный кислородом процесс горения воздуха; циркониевые и титановые фритты	3,7 - 1,6	17,6	136	10594	3890	6,6 ([4])
2	Горение с дутьем, обогащенным кислородом; циркониевые и титановые фритты	<2 ([3])	19,2	114	40121	883	6,6 ([4])
6	Горение с дутьем, обогащенным кислородом; несколько типов химических составов фритты	1,2 ([3])	не применимо	не применимо	не применимо	1800	13,5 ([4])
2	Горение с дутьем, обогащенным кислородом; несколько типов химических составов фритты	3([3])	не применимо	не применимо	не применимо	3900	29,3 ([4])
2	Сгорание с использованием смеси воздух-топливо; несколько типов химических составов фритты	3([3])	не применимо	не применимо	не применимо	1750	13,1([4])

([1]) Количество печей, соединенных с единой дымовой трубой.
([2]) Концентрации имеют в виду 15 % кислорода по объему.
([3]) Процентное содержание нитратов относится к средневзвешенному значению, основанному на продукции и ёмкости каждой печи, подсоединенной к единой дымовой трубе.
([4]) Пересчетный коэффициент 7,5 x 10^{-3} использовался для оценки выбросов удельных масс, выраженных в кг/т выплавленной фритты.

3.8.3 Выбросы в воду загрязняющих веществ

Выбросы в воду загрязняющих веществ состоят из обычного охлаждения, очистки и выбросов из поверхностных стоков. Контуры гашения и измельчения обычно закрываются путем залива пресной воды, но иногда проводится чистка, чтобы предотвратить накопление солей.

3.8.4 Энергия

Печи для производства фритт обычно бывают очень малого размера по сравнению с прочими печами, используемыми в стекольной промышленности. Только несколько конкретных печей имеют производительность, превышающую 20 тонн в сутки. Все действующие печи работают на природном газе. На предприятии обычно имеется несколько печей, каждая из которых производит фритты, имеющие различные химические составы. Использование энергии в расчете на тонну выплавленной фритты аналогично прочим секторам производства (более 13 ГДж/т, что соответствует 300 нм^3/т фритт). Рекуперативные печи с кислородным дутьем демонстрируют меньшие значения в диапазоне 9 - 13 ГДж/т фритт.

4 Определение наилучших доступных технологий

Основное воздействие стекольной промышленности на окружающую среду в целом возникает из-за выброса загрязнителей в воздух при деятельности, связанной с варкой стекла. Как правило, основными технологиями являются те, которые уменьшают или предотвращают образование загрязнителей; и вспомогательными технологиями являются те, которые действуют на загрязнители, чтобы делать их менее вредными (например, преобразуя их в другой биологический вид) или собрать их в форме, которая может многократно применяться, повторно использоваться или утилизироваться.

Информация о выбросах по различным секторам может быть выражена в виде абсолютных значений или мер концентрации, и по сравнению с фактическим производством или производительностью и приведена в разделе 3.

При оценке технологии важно учитывать, что определенное оборудование может стать менее эффективным с течением времени и может быть тенденция увеличения для некоторых, но не всех типов выбросов загрязняющего вещества. Принимая во внимание, что это относительное увеличение, вероятно, будет небольшим, должен быть предпринят должный учет нормальных и предсказанных характеристик старения, рассматривая уровни выброса загрязняющего вещества, которые могут быть достигнуты, принимая во внимание, что замена оборудования может быть отложена до реконструкции технологической линии.

При оценке возможности использования какой-либо технологии, необходимо рассмотреть, может ли она быть применена к печи во время кампании, или она может только быть применена (или лучше всего применена) только при реконструкции. Важной особенностью стекольной промышленности является то, что печи, имеют ограниченный эксплуатационный срок службы, после которого они должны быть отремонтированы или реконструированы. Как правило, стекловаренные печи, работающие на органическом топливе, производящие тарное стекло, листовое стекло, стекловату и стекловолокно из непрерывной нити, работают непрерывно ежедневно со стандартным сроком эксплуатации между 10 и 20 годами, а в некоторых случаях до 20 лет. Стекловаренные печи, работающие на органическом топливе, для варки специального и сортового стекла, обычно работают непрерывно в течение 3 - 8 лет. Электрические печи показывают более короткие сроки службы во всех областях применения, то есть 2 - 7 лет. Некоторые другие печи, такие как стекловаренные вращающиеся печи и стекловаренные печи периодического действия для производства стеклообразных фритт работают в течение намного более коротких периодов, от нескольких дней до нескольких недель.

Во время кампании печи возможность модифицирования печи ограничена. Хотя горячие ремонты для замены или укрепления поврежденных огнеупорных материалов выполняются часто, и изменения или замена горелок также могут быть сравнительно простыми операциями.

Экологическая эффективность печи является результатом комбинации выбора технологии плавления, типа и требования к качеству выполнения работ для стекла, метода эксплуатации и обеспечения мер по борьбе с вторичными выбросами. С экологической точки зрения технологии плавления, которые по своему существу меньше загрязняют или могут контролироваться с помощью первичных способов, обычно более предпочтительны, чем те, которые основываются на вторичных выбросах. Однако необходимо учитывать экономические и технические практические аспекты, и окончательный выбор должен быть их оптимизированным балансом.

Экологическая эффективность различных технологий плавления будет значительно отличаться в зависимости от выпускаемого типа стекла, метода эксплуатации и конструкции. Например, выбросы загрязняющего вещества (до вторичных выбросов) из рекуперативной печи, производящей стекло для кинескопов с дополнительным нитрат-

ом, и приближающейся к концу кампании, будут иметь небольшое сходство с выбросами загрязняющего вещества от недавно построенной рекуперативной печи для производства стекловолокна из непрерывной нити, для которой оптимизирована конфигурация, химический состав стекла и разогрев. Определенные требования к уровню качества продукта в различных секторах могут также оказывать влияние на экологическую эффективность печи. Различия в выбросах загрязняющего вещества из различных типов печи обсуждаются, где необходимо, в разделах этой главы, связанных с конкретным веществом.

Уровни выбросов загрязняющего вещества, доступные при использовании только одних мер борьбы с первичным загрязнением, сложно измерять из-за широкого спектра факторов, которые могут влиять на результаты и широкое разнообразие типов печей и химических составов стекла.

Для пламенных печей наименьшие уровни выбросов загрязняющего вещества путем использования только технологии борьбы с первичным загрязнением, достигаются для печей, производящих натрий-кальций-силикатные стекла. Средние массовые выбросы загрязняющего вещества составляют приблизительно 0,4 кг/т расплавленного стекла, а большинство концентраций вредных примесей попадает в интервал 100 - 300 мг/нм^3.

Маловероятно, что эти цифры могли быть достигнуты для составов, отличных от натрий-кальций-силикатного стекла. Как правило, можно было ожидать, что оптимизация мер борьбы с первичным загрязнением для других составов уменьшит выбросы загрязняющего вещества на 10 – 30 % от начального значения при условии, что никакие конкретные меры не применяются для ограничения выбросов пыли.

Факторы, используемые при определении наилучших имеющихся технологий для обеспыливания в стекловаренных печах, следующие:

• воздействие пыли на окружающую среду

• технологии для снижения первичных и вторичных выбросов в связи с наилучшими имеющимися технологиями

• экономия за счет роста производства и связанные вопросы стоимости.

5 Выводы о наилучших доступных технологических методах для сферы производства стекла

Все значения для концентраций в отработавших газах относятся к нормальным условиям: сухой природный газ, температура 273.15°K, давление 101.3 кПа, правила усреднения показаний приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Правила усреднения показаний при измерении выбросов

Для дискретных измерений	Уровни атмосферных выбросов при использовании наилучших доступных технологических методов относятся к среднему значению трех единичных проб длительностью минимум 30 минут каждая; для регенеративных печей измерительный период должен охватывать минимум два реверсирования разогрева камер регенератора
Для непрерывных измерений	Уровни атмосферных выбросов при использовании наилучших доступных технологических методов относятся к ежедневным средним значениям

Таблица 5.2: Исходные условия для уровней атмосферных выбросов НДТ, относящихся к выбросам вредных веществ в атмосферу

Действия		Единица измерения	Исходные условия
	Стандартная стекловаренная печь непрерывного действия	мг/нм^3	8 % кислорода по объему
	Стандартная стекловаренная печь периодического действия	мг/нм^3	13 % кислорода по объему
	Рекуперативные печи с кислородным дутьем	кг/т	Выражение уровней выбросов загрязняющего вещества, измеряемых как мг/нм^3 по отношению к референсной концентрации кислорода, не применимо
	Электрические печи	мг/нм^3 или кг/т	Выражение уровней выбросов загрязняющего вещества, измеряемых как мг/нм^3, по отношению к референсной концентрации кислорода, не применимо
Деятельность,	Печи для варки фрит-	мг/нм^3 или	Концентрации относятся к 15 %

Действия		Единица измерения	Исходные условия
связанная с варкой стекла	ты	кг/т	кислорода по объему. Когда используется разогрев с помощью горючей смеси воздуха и паров нефтепродуктов, применяются уровни атмосферных выбросов НДТМ, выраженные в виде концентрации вредных примесей (мг/нм^3). Когда используется разогрев только с использованием горения топлива в кислороде, применяются уровни атмосферных выбросов НДТМ, выраженные в виде удельных выбросов массы (кг/т расплавленной фритты). Когда используется разогрев с использованием обогащенной кислородом смеси воздух-топливо, применяются уровни атмосферных выбросов НДТМ, выраженные в виде либо концентрации вредных примесей (мг/нм^3), либо как удельные выбросы массы (кг/т расплавленной фритты).
	Все типы печей	кг/т	Удельные выбросы массы, относящиеся к одной тонне расплавленного стекла
Деятельность, не связанная с варкой стекла, включая последующие технологические процессы	Все процессы	мг/нм^3	Без коррекции для кислорода
	Все процессы	кг/т	Удельные выбросы массы, относящиеся к одной тонне расплавленного стекла

Формула для вычисления концентрации выбросов загрязняющего вещества при референсной концентрации кислорода (см. Таблицу 5.1):

$Er = 21 - O_R /21 - O_M *Em$

Где:

E_R (мг/нм^3) - концентрация выбросов загрязняющего вещества, с поправкой на референсный уровень кислорода O_R

O_R (%) - референсный уровень кислорода

E_M (мг/нм^3) - концентрация выбросов загрязняющего вещества в отношении измеренного уровня кислорода O_M

O_M (%) - измеренный уровень кислорода.

Уровни атмосферных выбросов НДТМ, которые приводятся в Разделах с 5.2 по 5.9, как удельные выбросы массы (кг/т расплавленного стекла), базируются на вычислении, которое приводится ниже, за исключением рекуперативных печей с кислородным дутьем и, в ограниченном ряде случаев, для плавления в электропечи, где уровни атмосферных выбросов НДТМ, приведенные в виде кг/т расплавленного стекла, были получены из опубликованных данных.

Методика вычислений, используемая для преобразования из концентраций в удельные выбросы массы:

Удельный выброс массы (кг/т расплавленного стекла) = пересчётный коэффициент х концентрация выбросов загрязняющего вещества (мг/нм^3)

где: пересчетный коэффициент = (Q/P) х 10^{-6}

при этом Q = объем отработавшего газа в нм^3/час

P = удельный съем стекломассы в т/час.

Объем отработавшего газа (Q) определяется удельными энергозатратами, типом топлива и окислителем (воздух, воздух, обогащенный кислородом и кислород с чистотой в зависимости от технологического процесса). Потребление энергии является комплексной функцией (преимущественно) от типа печи, типа стекла и процентного содержания стекольного боя.

Однако, ряд факторов может влиять на связь между концентрацией и определенным массовым расходом, включая:

• тип печи (температура предварительного нагрева воздуха, технология плавления)

• тип произведенного стекла (потребность в энергии для плавления)

• структура энергии (органическое топливо / дополнительный электроподогрев)

• тип органического топлива (мазут, газ)

• тип окислителя (кислород, воздух, обогащенный кислородом воздух)

• процентное содержание стекольного боя

• состав шихты

• срок службы печи

• размер печи

Пересчетные коэффициенты, приведенные в Таблице 5.4, использовались для преобразования уровней атмосферных выбросов НДТМ из концентраций в удельные выбросы массы. Пересчетные коэффициенты были определены на основании печи с низким энергопотреблением, и имеют отношение только к стекловаренным печам, работающим целиком на смеси воздух-топливо.

Таблица 5.3 Индикативные факторы, используемые для преобразования мг/нм^3 в кг/т расплавленного стекла основываясь на стекловаренной печи с низким энергопотреблением, работающей на смеси воздух-топливо

Сектора		Коэффициенты для преобразования мг/нм^3 в кг/т расплавленного стекла
Листовое стекло		2,5 x 10^{-3}
Тарное стекло	Общий случай	1.5 x 10^{-3}
	Конкретные случаи (1)	Исследования, основанные на изучении частных случаев (часто 3,0 x 10^{-3})
Стекловолокно из непрерывной нити		4,5 x 10^{-3}
Сортовое стекло	Натрий-кальций-силикатное стекло	2,5 x 10^{-3}
	Конкретные случаи (2)	Исследования, основанные на изучении частных случаев (между 2,5 и >10 x 10^{-3}; часто 3,0 x 10^{-3})
Минеральное волокно	Стекловата	2 x 10^{-3}
	Базальтовое волокно	2,5 x 10^{-3}
Специальное стекло	Телевизионное стекло (панели)	3 x 10^{-3}
	Телевизионное стекло (конус)	2,5 x 10^{-3}
	Боросиликатное стекло (трубка)	4 x 10^{-3}
	Ситаллы	6,5 x 10^{-3}
	Стекло для осветительных приборов	2,5 x 10^{-3}

	(натрий-кальций-силикатное стекло)	
Фритты		Исследования, основанные на изучении частных случаев (между 5 - 7,5 x 10^{-3})
(1) Конкретные случаи соответствуют менее распространенным случаям (то есть небольшие специальные печи с производительностью обычно ниже 100 т/сутки и соотношением стекольного боя менее 30 %). Эта категория представляет собой только 1 или 2 % производства тарного стекла. (2) Конкретные случаи, соответствующие менее подходящим случаям и/или не натрий-кальций-силикатным стеклам: боросиликаты, ситаллы, хрустальное стекло и, реже, свинцовый хрусталь.		

Определения для некоторых загрязнителей воздуха

Для целей этих выводов о наилучших доступных технологических методах и для уровней атмосферных выбросов НДТМ, описываемых в Разделах с 5.2 по 5.9, применяются определения, приведенные в таблице 5.5:

Таблица 5.5. Определения учитываемых уровней атмосферных выбросов

NO_X выражен в виде NO_2	Сумма оксида азота (NO) и диоксида азота (NO_2), выраженная в виде NO_2
SO_X выражен в виде SO_2	Сумма сернистого ангидрида (SO_2) и трехокиси серы (SO_3), выраженная в виде SO_2
Хлористый водород выражен в виде HCl	Все газообразные хлориды, выраженные в виде HCl
Фтористый водород выражен в виде HF	Все газообразные фториды, выраженные в виде HF

Периоды усреднения для сбросов отработанных вод

Если не установлено иначе, уровни выбросов загрязняющего вещества, связанные с наилучшими доступными технологическими методами для сбросов отработанных вод, предоставленных в этом справочнике относятся к среднему значению комбинированной выборки, полученной за период, равный двум или 24 часам.

5.1 Общие выводы о наилучших доступных технологических методах для производства стекла

Если не указано особо, выводы о наилучших доступных технологических методах, приведенные в этом разделе, могут быть применены ко всей технологической линии.

Наилучшие доступные технологические методы, характерные для конкретного процесса и приведенные в разделах 5.2 - 5.9, применяются в дополнение к общим наилучшим доступным технологическим методам, упомянутым в настоящем разделе.

5.1.1 Системы управления состоянием окружающей среды

Наилучшие доступные технологические методы должны обеспечить выполнение и придерживаться Системы управления состоянием окружающей среды, которая объединяет в себе все следующие особенности:

1. обязательство руководства, включая высшее руководство;

2. определение экологической политики, которая включает в себя непрерывное совершенствование инженерной системы руководством предприятия;

3. планирование и организация необходимых процедур, ориентиров и целей, в совокупности с финансовым планированием и инвестициями;

4. внедрение процедур, уделяя особое внимание следующему:

4.1. структура и ответственность

4.2. обучение, понимание и компетентность

4.3. коммуникация

4.4. вовлечение сотрудников

4.5. документация

4.6. контроль отлаженного процесса

4.7. регламенты технического обслуживания

4.8. готовность к чрезвычайным ситуациям и реагирование

4.9. защитные мероприятия, соответствующие законодательству в области окружающей среды.

5. проверка показателей работы и принятие соответствующих мер, уделяя особое внимание следующему:

5.1. мониторинг и нормирование

5.2. корректирующие и профилактические действия

5.3. ведение документации

5.4. независимый (при наличии возможности) внутренний и внешний аудит для того, чтобы определить, действительно ли система мониторинга состояния окружающей среды (EMS) соответствует запланированным договоренностям, и правильно ли реализовалась и поддерживалась;

6. обзор высшим руководством системы мониторинга состояния окружающей среды и ее соответствие современным требованиям, адекватность и эффективность;

7. требование к продолжению разработки экологически более чистых технологий;

8. рассмотрение воздействий на окружающую среду от возможного списания установки на стадии проектирования нового предприятия, и на всем протяжении его срока службы;

9. регулярное применение секторального сопоставительного анализа.

Возможность использования

Объем (например, степень детализации) и природа системы мониторинга состояния окружающей среды (например, стандартизированная или нестандартизированная) будут обычно иметь отношение к природе, масштабу и сложности установки, и области воздействий на окружающую среду, которые она может иметь.

5.1.2 Эффективность использования энергии

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить удельные энергозатраты путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.6:

Таблица 5.6. Технологические методы, позволяющие уменьшить энергозатраты

Технология	Возможность использования
1. Оптимизация процесса с помощью контроля рабочих параметров	Технологии в основном применимы
2. Регулярное техническое обслуживание стекловаренной печи	

Технология	Возможность использования
3. Оптимизация конструкции печи и выбор технологии плавления	Подходит для новых предприятий. Для действующих предприятий внедрение требует полной реконструкции печи
4. Применение методов, оборудования и средств борьбы с загрязнением при сжигании топлива	Применимо для печей, работающих на смеси воздух-топливо, и рекуперативных печей с кислородным дутьем
5. Увеличение содержания стекольного боя, где это доступно и экономически и технически целесообразно	Не применимо к секторам стекловолокна из непрерывной нити и фритт
6. Применение котла-утилизатора тепла отходящих газов для восстановления энергии, где это технически и экономически целесообразно	Применимо для печей, работающих на смеси воздух-топливо, и рекуперативных печей с кислородным дутьем. Возможность использования и экономическая целесообразность технологии обусловлены общей производительностью, которая может быть достигнута, включая эффективное использование создаваемого пара
7. Предварительный нагрев шихты и стекольного боя, где это технически и экономически целесообразно	Применимо для печей, работающих на смеси воздух-топливо, и рекуперативных печей с кислородным дутьем. Возможность использования обычно ограничивается составами шихты с более чем 50 % стекольным боем

5.1.3 Хранение и погрузка-разгрузка материалов

Наилучшие доступные технологические методы должны предотвращать, или где это практически не осуществимо, уменьшать рассеянные выбросы пыли от хранения и погрузки-разгрузки твердых материалов путем использования одного или комбинации следующих технологических методов:

1. Хранение сырья

1.1. Нерасфасованные порошкообразные материалы храните в закрытых бункерах, снабженных системой снижения запыленности (например, тканевый фильтр)

1.2. Мелкозернистые материалы храните в закрытых или заваренных мешках

1.3. Пылящие крупнозернистые материалы храните в накрытых отвалах

1.4. Используйте подметально-уборочные машины и различные способы увлажнения

2. Погрузка-разгрузка сырья: технологические методы сокращения выбросов приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. Технологические методы сокращения выбросов при хранении сырьевых материалов

Технологические методы	Возможность использования
2.1. Для материалов, транспортируемых над землей, используйте закрытые конвейеры, чтобы предотвратить потери материала	Технологические методы обычно общеприменимы
2.2. Там, где используется пневматический конвейерный транспорт, используйте герметизированную систему, снабженную фильтром для очистки транспортного воздуха перед выбросом	
2.3. Увлажнение шихты	Использование этих технологических методов ограничено отрицательными последствиями для энергоэффективности печи. Ограничения могут распространяться на некоторые составы шихты, в частности для производства боросиликатного стекла
2.4. Применение незначительно отрицательного давления в печи	Применимо только как неотъемлемая особенность выполняемой операции (то есть плавильные печи для производства фритт) вследствие вредного воздействия на энергоэффективность печи
2.5. Использование сырья, не вызывающего явления растрескивания при накаливании (главным образом доломит и известняк). Этому явлению подвержены минералы, которые 'потрескивают', когда они подвергаются воздействию тепла, с последующим потенциальным увеличением выбросов пыли	Применимо в рамках ограничений, связанных с доступностью соответствующего сырья

Технологические методы	Возможность использования
2.6. Используйте вытяжку в систему фильтрования в процессах, где вероятно может образовываться пыль (например, вскрытие мешка, смешивание компонентов шихты фритт, утилизация пыли тканевого фильтра, стекловаренные печи с холодным сводом)	Технологические методы общеприменимы
2.7. Используйте шнековые транспортеры закрытого типа	
2.8. Огораживание загрузочных коробок	Общеприменимо. Чтобы избежать повреждения оборудования может понадобиться охлаждение

Наилучшие доступные технологические методы должны предотвращать, или где это практически невозможно, уменьшать рассеянный выброс газообразных отходов при хранении и погрузке-разгрузке сырья с летучими соединениями путем использования одного или комбинации следующих технологических методов:

1. Используйте краску для резервуаров с низкой поглощающей способностью солнечной энергии для хранения в емкостях, подвергающихся колебаниям температуры в результате солнечного обогрева.

2. Контроль температуры при хранении сырья с летучими соединениями.

3. Изоляция резервуара при хранении сырья с летучими соединениями.

4. Управление материально-техническим снабжением

5. Использование резервуаров с плавающей крышей при хранении больших количеств летучих нефтепродуктов.

6. Использование систем переноса отработанных паров при перемещении летучих жидкостей (например, из автоцистерн в резервуар).

7. Использование резервуаров с мембранной крышей при хранении жидкого сырья.

8. Использование запорных нагнетательных / вакуумных клапанов в резервуарах, выдерживающих колебания давления.

9. Применение методов обработки выбросов (например, адсорбция, абсорбция, конденсация) в месте хранения опасных материалов.

10. Применение приповерхностного материала, заполняющего устройство для хранения жидкостей, которые имеют склонность к пенообразованию.

5.1.4 Общие меры борьбы с первичным загрязнением

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить потребление энергии и выброс загрязнителей в воздух, выполняя постоянный контроль рабочих параметров и запрограммированное техническое обслуживание стекловаренной печи. Общие методы борьбы с первичными загрязнениями приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8. Общие методы борьбы с загрязнениями

Технологические методы	Возможность использования
Технологические методы состоят из ряда операций контроля и технического обслуживания, которые могут использоваться по отдельности или в сочетании, соответствующем типу печи, с целью уменьшения эффектов старения в печи, таких как уплотнение печи и блоков горелок, для сохранения максимальной изоляции, контроля стабилизированных характеристик пламени, контроля соотношения топлива/воздуха и т.д.	Технологические методы применимы для регенеративных, рекуперативных и печей с кислородным дутьем. Возможность использования в печах других типов требует выполнения экспертизы для каждой конкретной системы

Наилучшие доступные технологические методы должны обеспечивать тщательный отбор и контроль всех веществ и сырья, закладываемых в стекловаренную печь для того, чтобы уменьшить или предотвратить выброс загрязнителей в воздух путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.9.

Таблица 5.9. Контроль сырьевых материалов

Технологические методы	Возможность использования
Использование сырьевых материалов и привозного стекольного боя с низкими уровнями загрязнений (например, металлы, хлориды, фториды)	Применимо в рамках ограничений со стороны типа стекла, произведенного в установке, и доступности сырьевых материалов и топлива
Использование альтернативных сырьевых материалов (например, менее летучее вещество)	
Использование топлив с низкими металлическими примесями	

Наилучшие доступные технологические методы должны обеспечивать регулярный контроль выбросов загрязняющего вещества и/или других соответствующих параметров процесса, включая контроль параметров, приведенных в таблице 5.10.

Таблица 5.10 Контролируемые параметры

Технологические методы	Возможность использования
1. Непрерывный контроль критических параметров процесса для обеспечения стабильности процесса, например, температуры, подачи топлива и воздушного потока	Технологические методы общеприменимы
2. Постоянный контроль параметров процесса, чтобы предотвратить/уменьшить загрязнение, например, содержание O_2 в газообразных продуктах сгорания, чтобы контролировать соотношение топлива/воздуха.	
3. Непрерывные измерения пыли, выбросов NO_X и SO_2 или дискретные измерения, по крайней мере, дважды в год, связанные с контролем суррогатных параметров, чтобы гарантировать то, что между измерениями система очистки работает правильно	
4. Непрерывные или обычные периодические измерения выбросов NH_3, когда применяются технологии избирательного каталитического восстановления (SCR) или избирательного некаталитического восстановления (SNCR)	Применимо к стандартным стекловаренным печам, работающим на смеси воздух-топливо
5. Непрерывные или обычные периодические измерения выбросов CO, когда могут иметь место меры борьбы с первичным загрязнением или химическое восстановление с помощью топливных технологий, применяемые для уменьшения выбросов NO_X или при частичном сгорании.	
6. Обычные периодические измерения выбросов HCl, HF, CO и металлов, в частности, когда используется сырье, содержащее такого рода вещества, или может иметь место частичное сгорание	Технологические методы общеприменимы
7. Непрерывный контроль суррогатных параметров, чтобы следить за тем, что система очистки отработавшего газа работает правильно, и что уровни выбросов загрязняющего вещества под-	

Технологические методы	Возможность использования
держиваются в период между дискретными измерениями. Контроль суррогатных параметров включает в себя: контроль подачи реагента, температуры, подачи воды, напряжения, удаления пыли, скорости вентилятора и т.д.	

Наилучшие доступные технологические методы должны в оптимальном объеме контролировать системы очистки отработавшего газа во время нормальных условий эксплуатации для предотвращения или уменьшения выбросов загрязняющего вещества.

Возможность использования

Специальные процедуры могут быть определены для определенных режимов работы, а именно:

1. во время запуска и работ выключения

2. во время других специальных операций, которые могут влиять на надежное функционирование систем (например, регулярное и внеплановое обслуживание и ремонт и операции по очистке печи и/или системы очистки отработавшего газа, или значительная переналадка производства)

3. в случае недостаточного выделения отработавшего газа или температуры, что препятствует использованию системы с полной производительностью.

Наилучшие доступные технологические методы должны ограничивать выбросы оксида углерода (CO) из стекловаренной печи на уровне ниже приведенного в таблице 5.12 путем применения мер борьбы с первичным загрязнением или химическое восстановление посредством топлива, для уменьшения выбросов NO_X, которые приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11. Методы сокращения выбросов NO_X

Технологические методы	Возможность использования
Меры борьбы с первичным загрязнением для уменьшения выбросов NO_X базируются на модификациях процесса горения (например, уменьшение соотношения воздуха/топлива, ступенчатое сжигание, горелок с низ-	Применимо к стандартным стекловаренным печам, работающим на смеси воздух-топливо.

Технологические методы	Возможность использования
ким выходом оксидов азота и т.д.). Химическое восстановление посредством топлива заключается в добавлении углеводородного топлива в поток отработавшего газа, чтобы уменьшить количество оксидов азота, образующихся в печи. Увеличение выбросов CO вследствие применения этих технологических методов может быть ограничено тщательным контролем рабочих параметров	

Таблица 5.12. Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов оксида углерода из стекловаренных печей

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ
Оксид углерода, выраженный в виде CO	<100 мг/нм^3

Наилучшие доступные технологические методы, приведенные в таблице 5.14, должны ограничивать выбросы аммиака (NH_3) загрязняющего вещества, применяя избирательное каталитическое восстановление или избирательное некаталитическое восстановление технологические методы для высокоэффективного уменьшения выбросов NO_X до допустимого уровня, ниже приведенного в таблице 5.13.

Таблица 5.13: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов аммиака, когда применяются технологические методы

Параметр	Уровни атмосферных выбросов НДТМ ([1])
Аммиак, выраженный в виде NH_3	<5 - 30 мг/нм^3
(1) Чем выше уровни, связанные с более высокими концентрациями NO_X на входе, тем выше коэффициент уменьшения и старение катализатора.	

Таблица 5.14. Технологические методы сокращения выбросов аммиака

Технологические методы	Возможность использования
Технологический метод состоит из принятия и поддержания специальных режимов работы си-	Применимо для стекловаренных печей, оборудованных системами

Технологические методы	Возможность использования
стем очистки отработавшего газа, с целью ограничения выбросов непрореагировавшего аммиака	очистки отработавшего газа

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы бора из стекловаренной печи, когда в химическом составе шихты используются соединения бора, путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.15.

Таблица 5.15. Методы уменьшения выбросов бора

Технологические методы (1)	Возможность использования
1. Работа системы фильтрации при отвечающей требованиям температуре для усиления разделения соединений бора в твердом состоянии, принимая во внимание, что некоторые разновидности борной кислоты могут присутствовать в топочном газе в виде газообразных соединений при температурах больше 60 °C	Возможность использования на действующих предприятиях может быть ограничена техническими ограничениями, связанными с положением и особенностями существующей системы фильтрования
2. Использование сухой или полусухой газоочистки в сочетании с использованием системы фильтрации	Возможность использования может быть ограничена пониженной эффективностью удаления других газообразных загрязнителей (оксид серы, HCl, HF), вызываемых отложением соединений бора с внешней стороны сухого щелочного реагента
3. Использование влажной очистки газа	Возможность использования на действующих предприятиях может быть ограничена потребностью в специальной очистке сточных вод
(1) Описание технологических методов приводится в Разделах 5.9.1, 5.9.4 и 5.9.6.	

Мониторинг

Мониторинг выбросов бора должен выполняться в соответствии с определенной методологией, которая позволяет выполнять измерение как твердых, так и газообразных форм, и позволяет определять эффективность удаления этих частиц из топочных газов.

5.1.5 Выброс вредных веществ в воду при выполнении процессов стекольного производства

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать водопотребление путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.16.

Таблица 5.16. Методы сокращения потребления воды

Технологические методы	Возможность использования
1. Минимизация проливаний и протечек	Технологический метод общеприменим
2. Повторное использование охлаждающих и моющих вод после выполнения очистки	Технологический метод общеприменим. Рециркуляция промывной воды применима в большинстве систем очистки газа; однако, может понадобиться периодическая выгрузка и замена средства очистки газа
3. Работа системы квазизамкнутого оборотного водоснабжения насколько технически и экономически выполнимо	Возможность использования этого технологического метода может быть ограничена ограничениями, связанными с контролем безопасности производственного процесса. А именно: • охлаждение по незамкнутому циклу может использоваться, когда это требуют проблемы техники безопасности (например, случаи, когда необходимо охлаждать большие количества стекла) • воду, используемую в некотором определенном процессе (например, в последующих действиях в секторе изготовления стекловолокна из непрерывной нити, полирование с использованием кислоты в секторах сортового и специального стекла и т.д.), вероятно, придется сбрасывать целиком или частично в систему очистки сточных вод

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать количество выброшенных в сбросы отработанных вод загрязнителей путем использования одной или комбинации систем очистки сточных вод, приведенных в таблице 5.17. Допустимые уровни выбросов приведены в таблице 5.18.

Таблица 5.17. Системы очистки сточных вод

Технологические методы	Возможность использования
1. Стандартные методы, оборудование и средства борьбы с загрязнением, такие как механическая очистка сточных вод, процеживание через решётку, удаление плавающих загрязнений, нейтрализация, фильтрация, проветривание, осаждение, коагуляция и образование хлопьевидного осадка, и т.д. Стандартные оптимальные технологические методы для контроля выбросов при хранении сыпучих и опасных материалов, жидких сырьевых материалов и промежуточных продуктов, таких как защитные герметичные оболочки, инспекции/испытания резервуаров, оборудование для защиты от переполнения и т.д.	Технологический метод общеприменим
2. Биологические системы очистки, такие как активированный ил, биологическая фильтрация для удаления/разрушения органических соединений	Возможность использования ограничивается секторами, в которых в технологическом процессе используются органические вещества (например, сектора стекловолокна из непрерывной нити и минерального волокна)
3. Сброс в муниципальные станции по очистке сточных вод	Применимо там, где необходимо дополнительное уменьшение количества загрязнителей
4. Внешнее повторное использование отработавшей воды	Возможность использования обычно ограничивается сектором фритт (возможно повторное использование в керамической промышленности)

Таблица 5.18: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для сбросов отработанных вод в открытые водоёмы с водой от производства стекла

Параметр ([1])	Единица измерения	Уровни атмосферных выбросов НДТМ ([2]) (комбинированная выборка)
pH	-	6,5-9
Общее количество взвешенных твёрдых частиц	мг/л	<30
Химическая потребность в кислороде (COD)	мг/л	<5 - 130 ([3])
Сульфаты, выраженные в виде SO_4^{2-}	мг/л	<1000

Параметр ([1])	Единица измерения	Уровни атмосферных выбросов НДТМ ([2]) (комбинированная выборка)
Фториды, выраженные в виде F^-	мг/л	<6 ([4])
Общее количество углеводородов	мг/л	<15 ([5])
Свинец, выраженный в виде Pb	мг/л	<0,05 - 0,3([6])
Сурьма, выраженная в виде Sb	мг/л	<0,5
Мышьяк, выраженный в виде As	мг/л	<0,3
Барий, выраженный в виде Ba	мг/л	<3,0
Цинк, выраженный в виде Zn	мг/л	<0,5
Медь, выраженная в виде Cu	мг/л	<0,3
Хром, выраженный в виде Cr	мг/л	<0,3
Кадмий, выраженный в виде Cd	мг/л	<0,05
Олово, выраженное в виде Sn	мг/л	<0,5
Никель, выраженный в виде Ni	мг/л	<0,5
Аммиак, выраженный в виде NH4	мг/л	<10
Бор, выраженный в виде B	мг/л	<1 - 3
Фенол	мг/л	<1

([1]) Значимость загрязнителей, перечисленных в таблице, зависит от сектора стекольной промышленности и от различных видов деятельности, выполняемых на предприятии.
([2]) Уровни относятся к комбинированной выборке, выполняемой в промежуток времени, равный двум или 24 часам.
([3]) Для сектора стекловолокна из непрерывной нити уровень атмосферных выбросов НДТМ равняется <200 мг/л.
([4]) Уровень имеет отношение к очищенной воде, поступающей в результате деятельности, предусматривающей полирование с использованием кислоты.
([5]) Как правило, общее количество углеводородов образуется из минеральных масел.
([6]) Более высокий уровень интервала связан с последующим процессом производства свинцового хрусталя.

5.1.6 Отходы от процессов стекольного производства

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить образование твердых отходов, которые будут утилизированы путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.19.

Таблица 5.19. Методы сокращения твердых отходов

Технологические методы	Возможность использования
1. Повторное использование отработанных компонентов шихты там, где это позволяют требования к уровню качества	Возможность использования может быть уменьшена из-за ограничений, связанных с качеством готовой стекольной продукции
2. Уменьшение потерь материала во время хранения и погрузки-разгрузки сырья	Технологический метод общеприменим
3. Повторное использование внутреннего стекольного боя из забракованной продукции	Обычно, не применимо в секторах стекловолокна из непрерывной нити, высокотемпературной изоляционной ваты и фритт
4. Повторное использование пыли в составе шихты, где это позволяют требования к уровню качества	Возможность использования может быть ограничена различными факторами: • требованиями к уровню качества готовой стекольной продукции • процентным содержанием стекольного боя, используемого в составе шихты • потенциальными явлениями механического выноса и коррозии огнеупорных материалов • ограничения по балансу серы
5. Валоризация твердых отходов и/или шлама путем соответствующего использования на месте эксплуатации (например, шлам от обработки воды) или в прочих отраслях производства	Общеприменимо в секторе сортового стекла (для срезанного со свинцового хрусталя шлама) и в секторе тарного стекла (тонкодисперсные включения стекла, смешанные с нефтепродуктами). Ограниченная возможность использования в прочих секторах стекольного производства вследствие непрогнозируемого, загрязненного состава, низких объемов и экономической целесообразности
6. Валоризация огнеупорных материалов в конце срока эксплуатации для возможного применения в других отраслях производства	Возможность использования сокращена ограничениями, налагаемыми производителями огнеупорных материалов и потенциальными конечными пользователями
7. Применение брикетирования отходов на цементной связке для повторного использования во вращающейся печи на горячем дутье, где это позволяют требования к уровню качества	Возможность использования брикетирования отходов на цементной связке ограничивается сектором базальтового волокна. Должен соблюдаться компромиссный подход между выбросами вредных веществ в атмосферу и созданием потока твердых отходов

5.1.7 Шум от процессов стекольного производства

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать шумовое воздействие путем использования одного или комбинации следующих технологических методов:

1. Выполните оценку шума окружающей среды и, в случае необходимости, разработайте борьбы с зашумлённостью для местной среды

2. Выделите для шумного оборудования/операций отдельное помещение/блок

3. Используйте дамбы для экранирования источника шума

4. Выполняйте шумные операции вне помещения днем

5. Используйте шумозащитные стены или природные препятствия (деревья, кусты) между установкой и охраняемой зоной, исходя из местных условий.

5.2 Выводы о наилучших доступных технологических методах для производства тарного стекла

Если не указано особо, выводы о наилучших доступных технологических методах, приведенные в настоящем разделе, могут быть применены ко всем предприятиям, производящим тарное стекло.

5.2.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы, приведенные в таблице 5.20, должны уменьшать выбросы пыли из отработавших газов стекловаренной печи, до уровня, приведенного в таблице 5.21, путем применения системы очистки топочного газа, такой как электростатический пылеуловитель или мешочный фильтр.

Таблица 5.20. Методы сокращения выбросов пыли

Технологические методы ([1])	Возможность использования
Системы очистки топочного газа состоят из природоочистных технологий на основании фильтрации всех материалов, которые находятся в твердом состоянии в точке измерения	Технологический метод общеприменим

(1) Описание систем фильтрации (то есть электростатический пылеуловитель, мешочный фильтр) приводится в Разделе 5.9.1.

Таблица 5.21: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов пыли из стекловаренной печи в секторе тарного стекла

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([1])
Пыль	<10 - 20	<0,015 - 0,06
([1]) Пересчетные коэффициенты 1,5 x 10^{-3} и 3 x 10^{-3} использовались для определения более низкого и более высокого значения в диапазоне значений соответственно.		

5.2.2 Оксиды азота (NO_X) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы NO_X из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.22, и должны обеспечить уровни выбросов, ниже указанных в таблице 5.23.

Таблица 5.22. Методы сокращения выбросов NO_X

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Корректировки процесса горения	Применимо в стандартных стекловаренных печах, работающих на смеси воздух-топливо.
1.1. Уменьшение соотношения воздух-топливо	Выгоду в полной мере можно извлечь при обычной или полной реконструкции печи, в сочетании с оптимальной конструкцией и геометрией печи.
1.2. Пониженная температура воздуха для системы сгорания	Применимо только в присущих конкретной системе обстоятельствах вследствие меньшей эффективности печи и более высоких требований к топливу (то есть вместо регенеративных печей используются рекуперативные печи).
1.3. Ступенчатое сжигание: • Ступенчатая подача воздуха • Ступенчатое сжигание топлива	Ступенчатое сжигание топлива применимо в большинстве стандартных стекловаренных печей, работающих на смеси воздух-топливо. Ступенчатая подача воздуха имеет очень ограниченную возможность использования вследствие ее технической сложности.
1.4. Рециркуляция топочного	Возможность использования этого технологического ме-

Технологические методы ([1])	Возможность использования
газа	тода ограничивается использованием специальных горелок с автоматической рециркуляцией отработавшего газа.
1.5. Горелки с низким выходом оксидов азота	Технологический метод общеприменим. Достигаемые экологические выгоды обычно бывают меньшими при применении печей с поперечным направлением пламени, газовых печей вследствие технических ограничений и меньшей гибкости печи. Максимальную выгоду можно извлечь при обычной или полной реконструкции печи, в сочетании с оптимальной конструкцией и геометрией печи.
1.6. Возможность выбора топлива	Возможность использования ограничивается доступностью различных типов топлива, на которую может влиять энергетическая политика
2. Специальная конструкция печи	Возможность использования ограничивается химическими составами шихты, которые содержат высокие уровни привозного стекольного боя (> 70 %). Применение требует полной реконструкции стекловаренной печи. Форма печи (длинная и узкая) может вносить ограничения по габаритным размерам.
3. Плавка в электропечи	Не применимо для крупносерийных производств стекольной продукции (>300 т/сутки). Не применимо для производств, требующих больших изменений производительности стекловаренной печи. Реализация требует полной реконструкции печи.
4. Плавление с использованием горения топлива в кислороде	Максимальные экологические выгоды достигаются во время полной реконструкции печи.
5. Избирательное каталитическое восстановление	Применение может потребовать обновления системы снижения запыленности с целью обеспечения концентрации пыли ниже 10 - 15 мг/нм^3 и системы десульфуризации для удаления выбросов оксида серы. С учётом оптимального промежутка рабочих температур, возможность использования ограничивается использованием электростатических пылеуловителей. Как правило, технологический метод не используется с системой мешочных пылеуловителей, потому что низкая рабочая температура в интервале 180 – 200 °C, потребовала бы подогрева отработавших газов. Реализация технологиче-

Технологические методы ([1])	Возможность использования
	ского метода может потребовать наличия значительного пространства.
6. Избирательное некаталитическое восстановление	Технологический метод применим для рекуперативных печей. Очень ограниченная возможность использования в стандартных регенеративных печах, в которых сложно достичь правильного температурного окна или хорошего перемешивания топочных газов с реагентом. Может быть применим в новых регенеративных печах, снабженным двухпоточными регенераторами; однако, температурное окно сложно поддерживать в результате изменение направления нагрева между камерами, что вызывает циклическое изменение температуры.
7. Технологические методы снижения выбросов нитратов, если они содержатся в составе шихты: • Снижение использования нитратов в химическом составе шихты. Нитраты применяются для производства очень высококачественных продуктов (то есть, наборов флаконов, парфюмерных флаконов для духов и контейнеров для косметики). Эффективными альтернативными материалами являются сульфаты, оксиды мышьяка, оксид церия. Применение модификаций процесса (например, специальные окислительные условия сгорания) предоставляет альтернативу использованию нитратов.	Замена нитратов в химическом составе шихты может быть ограничена высокой стоимостью и/или более сильным воздействием на окружающую среду альтернативных материалов.
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.2.	

Таблица 5.23: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов окиси азота из стекловаренной печи в секторе тарного стекла

Параметр	Наилучшие доступные технологические методы	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
		мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([1])
NO_X выраженный в виде NO_2	Изменение процесса горения, специальные конструкции ([2]) ([3]) печи	500 - 800	0,75 - 1,2
	Плавка в электропечи	<100	<0,3
	Плавление с использованием горения топлива в кислороде ([4])	Не применимо	<0,5 - 0,8
	Вспомогательные технологические методы	<500	<0,75
	Основные технологические методы сокращения нитратов в составе шихты	<1000	<3
([1]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 для общих случаев (1.5 x 10^{-3}), за исключением плавки в электропечи (конкретные случаи: 3 x 10^{-3}). ([2]) Нижнее значение относится к использованию специальных конструкций печи, когда это применимо. ([3]) Эти значения должны быть пересмотрены по случаю обычной или полной реконструкции стекловаренной печи. ([4]) Достижимые уровни зависят от качества природного газа и наличия кислорода (содержание азота).			

5.2.3 Оксиды серы (SO_X) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы оксида серы из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.24, до уровня, ниже приведенного в таблице 5.25.

Таблица 5.24. Методы уменьшения выбросов серы

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Сухая или полусухая газоочистка в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
2. Минимизация содержания серы в химическом составе	Минимизация содержания серы в химическом составе шихты общеприменима в рамках ограничения требова-

Технологические методы ([1])	Возможность использования
шихты и оптимизация баланса серы	ний к уровню качества готовой стекольной продукции. Применение оптимизации баланса серы требует компромиссного подхода между удалением выбросов оксида серы и управлением ликвидацией твердых отходов (пыль из фильтров). Эффективное уменьшение выбросов оксида серы зависит от фиксации сернистых соединений в стекле, которое может значительно изменяться в зависимости от типа стекла.
3. Использование низкосернистых видов топлива	Возможность использования может быть уменьшена из-за ограничений, связанных с доступностью топлива с низким содержанием серы, на что может влиять энергетическая политика.

Таблица 5.25: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов оксида серы из стекловаренной печи в секторе тарного стекла

Параметр	Топливо	Уровень атмосферных выбросов НДТМ (1) (2)	
		мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла (3)
SO_X выраженный в виде SO_2	Природный газ	<200 - 500	<0,3 - 0,75
	Топочный мазут ([4])	<500 - 1200	<0,75 - 1,8
([1]) Для специальных типов цветных стекол (например, стекол "разбавленная зелень") могут потребоваться исследования баланса серы. Значения, приведенные в таблице, могут быть труднодостижимыми в сочетании с повторным использованием пыли из фильтров и степени переработки привозного стекольного боя. ([2]) Более низкие уровни связаны с условиями, когда уменьшение оксида серы имеет более высокий приоритет над созданием меньшего количества твердых отходов, соответствующих богатой сульфатом пыли из фильтров. ([3]) Для общих случаев был применен пересчетный коэффициент (1,5 x 10^{-3}), приведенный в Таблице 5.2. (4) Связанные уровни выбросов загрязняющего вещества имеют отношение к использованию топочного мазута с 1 % содержанием серы в сочетании с мерами борьбы с вторичным загрязнением.			

5.2.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы HCl и HF из стекловаренной печи (возможно в сочетании с топочные газы от деятельности,

связанной с нанесением покрытия на входе в лер) путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.26, до уровней, ниже приведенных в таблице 5.27.

Таблица 5.26. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием хлора и фтора	Возможность использования может быть уменьшена из-за ограничений со стороны типа стекла, произведенного в установке и доступности сырья
2. Сухая или полусухая газоочистка в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.4.	

Таблица 5.27: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов HCl и HF из стекловаренной печи в секторе тарного стекла

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
	$мг/нм^3$	кг/т расплавленного стекла (1)
Хлористый водород, выраженный в виде HCl (2)	<10 - 20	<0,02 - 0,03
Фтористый водород, выраженный в виде HF	<1 - 5	<0,001 - 0,008
([1]) Был применен пересчетный коэффициент для общих случаев, который приводится в Таблице 5.2 ($1,5 \times 10^{-3}$). ([2]) Более высокие уровни связаны с одновременной обработкой топочных газов от работ нанесения покрытия на входе в лер.		

5.2.5 Металлы из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы металлов из стекловаренной печи путем использования один или комбинация технологических методов, приведенных в таблице 5.28, до уровней, приведенных в таблице 5.29.

Таблица 5.28. Методы сокращения выбросов металлов

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием металла	Возможность использования может быть снижена из-за ограничений, налагаемых типом стекла, произведенного в установке, и доступности сырья
2. Уменьшение использования металлов соединения в составе шихты, где окраска и обесцвечивание стекла необходимы согласно требованиям пользователя к уровню качества стекла	
3. Применение системы фильтрации (мешочный фильтр или электростатический пылеуловитель)	Технологический метод общеприменим
4. Применение сухой или полусухой газоочистки в сочетании с использованием системы фильтрации	
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.29: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для металлов в выбросах из стекловаренной печи в секторе тарного стекла

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1]) ([2]) ([3])	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([4])
S (As, Co, Ni, Cd, Se, CrVI)	<0,2 - 1 (5)	<0,3 - 1,5 x 10^{-3}
S (As, Co, Ni, Cd, Se, CrVI Sb, Pb, CrIII, Cu, Mn, V, Sn)	<1 - 5	<1,5 - 7,5 x 10^{-3}

([1]) Уровни, относящиеся к количеству металлов, присутствующих в настоящее время в топочных газах, как в твердых, так и в газообразных фазах.

([2]) Более низкие уровни – это уровни атмосферных выбросов НДТМ, когда металлические соединения умышленно не используются в составе шихты.

([3]) Более высокие уровни связаны с использованием металла для окраски или обесцвечивания стекла, или когда топочные газы от работ по нанесению покрытия на входе в лер обрабатываются вместе с выбросами загрязняющего вещества из стекловаренной печи.

([4]) Был применен пересчетный коэффициент для общих случаев, приведенный в Таблице 5.2 (1,5 x 10^{-3}).

([5]) В конкретных случаях, когда выпускается высококачественное бесцветное стекло, для чего требуется большее количество селена для обесцвечивания стекла (в зависимости от сырья), известно о более высоких значениях, до 3 мг/нм^3.

5.2.6 Выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов

Когда соединения олова, титана или оловоорганические соединения используются для работ по нанесению покрытия на входе в лер, наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить выбросы загрязняющего вещества путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.30, до уровня, ниже приведенного в таблице 5.31.

Таблица 5.30. Методы сокращения выбросов в последующих технологических операциях

Технологические методы	Возможность использования
1. Уменьшение потерь покрывающего продукта, обеспечивая хорошее уплотнение системы, и применяя эффективную вытяжку. Хорошая конструкция и уплотнение системы имеют большое значение для того, чтобы ограничить потери непрореагировавшего продукта в воздух.	Технологический метод общеприменим
2. Соединение топочного газа от операций по нанесению покрытия с отработавшим газом из стекловаренной печи или с воздухом для системы сгорания печи, при применении вспомогательной системы очистки (фильтр и скруббер сухой очистки или скруббер полусухой очистки). На основе химической совместимости, отработавшие газы от операций по нанесению покрытия перед обработкой могут связываться с другими топочными газами. Могут быть применены следующие две опции: • комбинация с топочными газами из стекловаренной печи до системы очистки вторичных выбросов (сухая или полусухая газоочистка плюс система фильтрации) • комбинация с воздухом для системы сгорания до входа в регенератор, за которой следует обработка вторичных выбросов отработавших газов, создаваемых во время процесса плавления (сухая или полусухая газоочистка плюс система фильтрации)	Комбинация с топочными газами от стекловаренной печи общеприменима. Комбинация с воздухом для системы сгорания может подвергаться техническим ограничениям вследствие некоторых потенциальных воздействий на химический состав стекла и на материалы регенератора.
3. Применение вспомогательного технологического метода, например, мокрая очистка газа, сухая газоочистка плюс фильтрация ([1])	Технологический метод общеприменим
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделах 5.9.4 и 5.9.7.	

Таблица 5.31: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов вредных веществ в атмосферу от деятельности по нанесению покрытия на входе в лер в секторе производства тарного стекла, когда топочные газы от последующих операций обрабатываются отдельно

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ, мг/нм^3
Пыль	<10
Титановые соединения, выраженные в виде Ti	<5
Соединения олова, включая оловоорганические, выраженные в виде Sn	<5
Хлористый водород, выраженный в виде HCl	<30

Когда SO_3 используется для операций по обработке поверхности, наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить выбросы загрязняющего вещества оксида серы путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.32, до уровня, ниже приведенного в таблице 5.33.

Таблица 5.32. Методы сокращения выбросов серы

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Уменьшение потерь продукта, обеспечивая хорошее уплотнение системы. Хорошая конструкция и уплотнение системы имеют большое значение для того, чтобы ограничить потери непрореагировавшего продукта в воздух.	Технологический метод общеприменим
2. Применение вспомогательного технологического метода, например, мокрая очистка газа	
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.6.	

Таблица 5.33: Уровень атмосферных выбросов НДТМ для выбросов оксида серы от последующих действий, когда SO_3 используется для операций по обработке поверхности в секторе тарного стекла, при отдельной обработке

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ, мг/нм^3
Оксид серы, выраженный в виде SO_2	<100 - 200

5.3 Выводы о наилучших доступных технологических методах для производства листового стекла

Если не указано особо, выводы о наилучших доступных технологических методах, приведенные в этом разделе, могут быть применены ко всем предприятиям по производства листового стекла.

5.3.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы пыли от отработавших газов стекловаренной печи, применяя электростатический пылеуловитель или систему мешочных пылеуловителей, до уровня, приведенного в таблице 5.34. Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.1.

Таблица 5.34. Допустимые выбросы пыли.

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([1])
Пыль	<10 - 20	<0,025 - 0,05
(1) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (2,5 x 10^{-3}).		

5.3.2 Оксиды азота (NO_X) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы загрязняющего вещества окиси азота от стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.35, и обеспечить уровни выбросов, ниже приведенных в таблице 5.36.

Таблица 5.35. Методы сокращения выбросов оксидов азота

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Модификации процесса горения	
1.1. Уменьшение соотношения воздух-топливо	Применимо для стандартных стекловаренных печей, работающих на смеси воздух-топливо. Максимальная выгода достигается при обычной или полной реконструкции печи, в сочетании с оптималь-

Технологические методы ([1])	Возможность использования
	ной конструкцией и геометрией печи
1.2. Пониженная температура воздуха, поступающего в зону горения	Возможность использования ограничивается печами небольшой емкости для производства специального листового стекла и присущими конкретной системе обстоятельствами вследствие меньшей эффективности печи и более высоким требованиям к топливу (то есть используйте рекуперативные печи вместо регенеративных печей).
1.3. Ступенчатое сжигание: • Ступенчатая подача воздуха • Ступенчатое сжигание топлива	Ступенчатое сжигание топлива применимо в большинстве стандартных стекловаренных печей, работающих на смеси воздух-топливо. Ступенчатая подача воздуха имеет очень ограниченную возможность использования вследствие ее технической сложности.
1.4. Рециркуляция топочного газа	Возможность использования этого технологического метода ограничивается использованием специальных горелок с автоматической рециркуляцией отработавшего газа.
1.5. Горелки с низким выходом оксидов азота	Технологический метод общеприменим. Достигаемые экологические выгоды обычно бывают меньшими при применении печей с поперечным направлением пламени, газовых печей вследствие технических ограничений и меньшей гибкости печи. Максимальную выгоду можно извлечь при обычной или полной реконструкции печи, в сочетании с оптимальной конструкцией и геометрией печи.
1.6. Возможность выбора топлива	Возможность использования ограничивается доступностью различных типов топлива, на которую может влиять энергетическая политика государства-члена.
2. Процесс Fenix Базируется на комбинации нескольких основных технологических методов для оптимизации процесса горения стекловаренных ванных регенеративных печей с поперечным направлением пламени для варки флоат-стекла.	Возможность использования ограничивается стекловаренными ванными регенеративными печами с поперечным направлением пламени. Применимо к новым печам. При полной реконструкции действующих печей требуется непосредственно интегрировать технологический метод во время конструирования и строительства печи.

Технологические методы ([1])	Возможность использования
Главные особенности: • уменьшение количества избыточного воздуха • подавление зон максимальных температур в зоне варки и гомогенизация температур пламени • контролируемое смешивание топлива и воздуха для системы сгорания	
3. Плавление с использованием горения топлива в кислороде	Максимальные экологические выгоды достигаются во время полной реконструкции печи
4. Химическое восстановление при помощи топлива	Применимо для регенеративных печей. Возможность использования ограничивается повышенным расходом топлива и последующим воздействием на окружающую среду и экономическим эффектом
5. Избирательное каталитическое восстановление (SCR)	Для применения может потребоваться обновление системы снижения запыленности для обеспечения концентрации пыли ниже 10 - 15 мг/нм^3 и системы десульфуризации для удаления выбросов оксида серы. Из-за оптимального диапазона рабочих температур возможность использования ограничивается использованием электростатических пылеуловителей. Как правило, технологический метод не используется с системой мешочных пылеуловителей, потому что из-за низкой рабочей температуры 180 – 200 °C может потребоваться подогрев отработавших газов. Для реализации технологического метода может потребоваться наличие значительного пространства.
6.Уменьшение использования нитратов в составе шихты. Использование нитратов применяется для выпуска специальных видов продукции (то есть, цветное стекло). Эффективными альтернативными материалами являются	Замена нитратов в составе шихты может быть ограничена высокой стоимостью и/или более сильным воздействием на окружающую среду альтернативных материалов.

Технологические методы ([1])	Возможность использования
сульфаты, оксиды мышьяка, оксид церия.	
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.2.	

Таблица 5.36. Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов оксидов азота из стекловаренной печи в секторе листового стекла

Параметр	Наилучшие доступные технологические методы	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1])	
		мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([2])
NO_X выраженный в виде NO_2	Модификации процесса горения, процесс Fenix ([3])	700 - 800	1,75 - 2,0
	Плавление с использованием горения топлива в кислороде ([4])	Не применимо	<1,25 - 2,0
	Вспомогательные технологические методы ([5])	400 - 700	1,0 - 1,75
	Основные технологические методы, если в составе шихты используются нитраты	<1200	<3
([1]) Предполагаются более высокие уровни выбросов загрязняющего вещества при периодическом использовании нитратов для производства специальных стекол. ([2]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (2,5 x 10^{-3}). ([3]) Применению процесса Fenix соответствуют более низкие уровни из диапазона. ([4]) Доступные уровни зависят от качества имеющихся в наличии природного газа и кислорода (содержание азота). ([5]) Более высокие уровни из диапазона соответствуют действующими предприятиями до проведения обычной или полной реконструкции стекловаренной печи. Более низкие уровни соответствуют более новым/реконструированным предприятиям.			

5.3.3 Оксиды серы (SO_X) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы оксида серы из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.37, до уровня, ниже приведенного в таблице 5.38.

Таблица 5.37. Методы сокращения выбросов оксидов серы.

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Сухая или полусухая газоочистка в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
2. Минимизация содержания серы в составе шихты и оптимизация баланса серы	Минимизация содержания серы в составе шихты является общепринятой практикой в рамках ограничения требований к уровню качества готовой стекольной продукции. Применение оптимизации баланса серы требует компромиссного подхода между удалением выбросов оксида серы и управлением ликвидацией твердых отходов (пыль из фильтров).
3. Использование топлива с низким содержанием серы	Возможность использования может быть уменьшена из-за ограничений, связанных с доступностью топлива с низким содержанием серы, на что может влиять энергетическая политика.
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.3.	

Таблица 5.38. Допустимый уровень выбросов оксидов серы

Параметр	Топливо	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1])	
		мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([2])
SOx, выраженный в виде SO_2	Природный газ	<300 - 500	<0,75 - 1,25
	Топочный мазут ([3]) ([4])	500 - 1300	1,25 - 3,25
([1]) Более низкие уровни связаны с условиями, при которых уменьшение оксида серы имеет более высокий приоритет, чем снижение образования твердых отходов, соответствующих богатой сульфатом пыли из фильтров. ([2]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (2,5 x 10^{-3}). ([3]) Связанные уровни выбросов загрязняющего вещества относятся к использованию топочного мазута с 1 %-ым содержанием серы в качестве резервного топлива в сочетании с мерами борьбы с вторичным загрязнением. ([4]) Для больших печей для производства листового стекла проблемы, относящиеся к доступным уровням выбросов загрязняющего вещества, могут потребовать исследования баланса серы. Значения, приведенные в таблице, возможно, будет сложно достичь в сочетании с повторным использованием пыли из фильтров.			

5.3.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить выбросы HCl и HF из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.39, и обеспечивать уровни выбросов, ниже приведенных в таблице 5.40.

Таблица 5.39. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием хлора и фтора	Возможность использования может быть снижена из-за ограничений со стороны типа стекла, произведенного в установке, и доступности сырья
2. Сухая или полусухая газоочистка, в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.4.	

Таблица 5.40: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов HCl и HF из стекловаренной печи в секторе листового стекла

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
	$мг/нм^3$	кг/т расплавленного стекла ([1])
Хлористый водород, выраженный в виде HCl ([2])	<10 - 25	<0,025 - 0,0625
Фтористый водород, выраженный в виде HF	<1 - 4	<0,0025 - 0,010
([1]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (2.5×10^{-3}). ([2]) Более высокие уровни в диапазоне значений связаны с повторным использованием пыли из фильтров, входящей в состав шихты.		

5.3.5 Металлы из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы металлов из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.41, и обеспечивать уровни выбросов, ниже приведенных в таблице 5.42.

Таблица 5.41. Методы сокращения выбросов металлов

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием металла	Возможность использования может быть снижена из-за ограничений со стороны типа стекла, произведенного в установке, и доступности сырья.
2. Применение системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
3. Применение сухой или полусухой газоочистки, в сочетании с использованием системы фильтрации	
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.42: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов металлов из стекловаренной печи в секторе листового стекла, за исключением стекол окрашенных селеном

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1])	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([2])
S (As, Co, Ni, Cd, Se, Crw)	<0,2 - 1	<0,5 - 2,5 x 10^{-3}
S (As, Co, Ni, Cd, Se, CrvI, Sb, Pb, Crm, Cu, Mn, V, Sn)	<1 - 5	<2,5 - 12,5 x 10^{-3}
([1]) Интервалы, относящиеся к общему количеству металлов, присутствующих в топочных газах в твердой и в газообразной фазах. ([2]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (2,5 x 10^{-3})		

Когда для окрашивания стекла используются соединения селена, наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы селена из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.43, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.44.

Таблица 5.43. Методы сокращения выбросов селена

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Уменьшение испарения селена из состава шихты, путем выбора сырья с более высо-	Возможность использования может быть снижена из-за ограничений со стороны

кой эффективностью удержания в стекле и уменьшенным испарительным переносом	типа стекла, произведенного в установке, и доступности сырья
2. Применение системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
3. Применение сухой или полусухой газоочистки в сочетании с использованием системы фильтрации	
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.44: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов селена из стекловаренной печи в секторе листового стекла для производства цветного стекла

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1]) ([2])	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([3])
Соединения селена, выраженные в виде Se	1 - 3	2,5 - 7,5 x 10^{-3}
([1]) Значения, относящиеся к общему количеству селена, присутствующего в топочных газах в твердых и в газообразных фазах. ([2]) Более низкие уровни связаны с условиями, когда уменьшение выбросов Se имеет более высокий приоритет над созданием меньшего количества твердых отходов от пыли из фильтров. В этом случае, применяется высокое стехиометрическое соотношение (реагент/загрязнитель), и создается значительный поток твердых отходов. ([3]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (2,5 x 10^{-3}).		

5.3.6 Выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выброс загрязнителей в воздух от последующих технологических процессов путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.45, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.46.

Таблица 5.45. Методы сокращения выбросов от последующих операций

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Уменьшение потерь продуктов для покрытия, наносимого на листовое стекло, обеспечивая хорошее уплотне-	Технологический метод общеприменим

Технологические методы ([1])	Возможность использования
ние системы	
2. Уменьшение потерь SO_2 от лера для отжига, обеспечивая функционирование системы управления оптимальным образом	
3. Объединение выбросов SO_2 из печи для отжига стекла с отработавшим газом из стекловаренной печи, когда это технически выполнимо, и там, где применяется вспомогательная система очистки (фильтр и скруббер сухой или полусухой очистки)	
4. Применение вспомогательного технологического метода, например, мокрая очистка газа, или сухая очистка газа и фильтрация	Технологический метод общеприменим. Выбор технологического метода и его выполнение будет зависеть от состава входящего отработавшего газа
([1]) Описание вспомогательных систем очистки приводится в Разделах 5.9.3 и 5.9.6.	

Таблица 5.46: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов вредных веществ в атмосферу от последующих технологических процессов в секторе производства листового стекла при раздельной обработке

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ, мг/нм^3
Пыль	<15-20
Хлористый водород, выраженный в виде HCl	<10
Фтористый водород, выраженный в виде HF	<1 - 5
Оксид серы, выраженный в виде SO_2	<200
S (As, Co, Ni, Cd, Se, CrVI)	<1
S (As, Co, Ni, Cd, Se, Ovi, Sb, Pb, Crm, Cu, Mn, V, Sn)	<5

5.4 Выводы о наилучших доступных технологических методах для производства непрерывного стекловолокна

Если не указано особо, выводы о наилучших доступных технологических методах, представленных в этом разделе, могут быть применены на всех предприятиях обрабатывающей промышленности стекловолокна из непрерывной нити.

5.4.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

Уровни атмосферных выбросов НДТМ, приведенные для пыли в этом разделе, относятся ко всем материалам, твердым в точке измерения, включают твердые соединения бора. Газообразные соединения бора в точке измерения при подсчёте не учитываются.

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы пыли из отработавших газов стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.47, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.48.

Таблица 5.47. Методы сокращения выбросов пыли

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Уменьшение количества летучих компонентов путем изменений сырьевого материала. Составы шихты без соединений бора или с низким содержанием бора является основной мерой уменьшения выбросов пыли, которые главным образом вызываются явлениями испарительного переноса. Бор является основным элементом твёрдых частиц, выделяемых из стекловаренной печи.	Применение технологического метода ограничивается проблемами патентного характера, так как составы шихты без бора или составы шихты низкого бора охраняются патентом.
2. Система фильтрации: электростатический пылеуловитель или мешочный фильтр	Технологический метод общеприменим. Максимальные экологические выгоды достигаются при применении на новых предприятиях, на которых позиционирование и характеристики фильтра могут быть выбраны без ограничений.
3. Система мокрой очистки газа	Применение на действующих предприятиях может ограничено техническими трудностями; то есть, необходимость в специальной станции по очистке сточных вод.
(1) Описание вспомогательных систем очистки приводится в Разделах 5.9.1 и 5.9.7.	

Таблица 5.48: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов пыли из стекловаренной печи в секторе производства стекловолокна из непрерывной нити

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1])	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([2])
Пыль	<10 - 20	<0,045 - 0,09
([1]) Сообщается о значениях на уровне <30 мг/нм^3 (<0,14 кг/т расплавленного стекла) для химических составов без бора, при применении основных технологических методов. ([2]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (4,5 x 10^{-3}).		

5.4.2 Оксиды азота (NO_X) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы NO_X из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.49, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.50.

Таблица 5.49. Методы сокращения выбросов оксидов азота

Технологические методы ([1])		Возможность использования
1. Изменения процесса горения		
1.1	Уменьшение соотношения воздух-топливо	Применимо к стандартным стекловаренным печам, работающим на смеси воздух-топливо. Максимальные выгоды достигаются при обычной или полной реконструкции печи в сочетании с оптимальной конструкцией и геометрией печи.
1.2	Пониженная температура воздуха, поступающего в зону горения	Применимо для стандартных стекловаренных печей, работающих на смеси воздух-топливо в пределах ограничения энергоэффективности печи и более высоких требований к топливу. Большинство печей уже являются рекуперативными.
1.3	Ступенчатое сжигание: • Ступенчатая подача воздуха • Ступенчатое сжигание топлива	Ступенчатое сжигание топлива применимо в большинстве стекловаренных печей, работающих на смеси воздух-топливо и рекуперативных печах с кислородным дутьем. Ступенчатая подача воздуха имеет очень ограниченную возможность использования вследствие ее технической сложности.
1.4	Рециркуляция топочного газа	Возможность использования этого технологического метода ограничивается использованием специальных горелок с автоматической рециркуляцией отработавшего газа.

Технологические методы ([1])		Возможность использования
1.5	Горелки с низким выходом оксидов азота	Технологический метод общеприменим. Максимальные выгоды достигаются при обычной или полной реконструкции печи в сочетании с оптимальной конструкцией и геометрией печи.
1.6	Выбор топлива	Возможность использования ограничивается доступностью различных типов топлива, на которую может влиять энергетическая политика.
2. Плавление с использованием горения топлива в кислороде		Максимальные экологические выгоды достигаются во время полной реконструкции печи.
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделе 5.9.2.		

Таблица 5.50: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов NO_X из стекловаренной печи в секторе производства стекловолокна из непрерывной нити

Параметр	Наилучшие доступные технологические методы	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
		мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла
Оксиды азота, выраженные в виде NO_2	Изменения процесса горения	<600 - 1000	<2,7 - 4,5 ([1])
	Плавление с использованием горения топлива в кислороде ([2])	Не применимо	<0,5 - 1,5
([1]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (4.5 x 10^{-3}). ([2]) Доступные уровни зависят от качества природного газа и применимого кислорода (содержание азота).			

5.4.3 Оксиды серы (SO_X) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшить выбросы SO_X из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.51, до уровней ниже приведенных в таблице 5.52.

Таблица 5.51. Методы сокращения выбросов оксидов серы

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Минимизация содержания серы в составе шихты и оптимизация баланса серы	Технологический метод общеприменим в рамках ограничений, накладываемых требованиями к уровню качества готовой стекольной продукции. При использовании

Технологические методы ([1])	Возможность использования
	оптимизации баланса серы требуется компромиссный подход между удалением выбросов оксида серы и управлением ликвидацией твердых отходов (пыль от фильтров), которая должна быть утилизирована
2. Использование топлива с низким содержанием серы	Возможность использования может быть снижена из-за ограничений, связанных с доступностью топлива с низким содержанием серы, на что может влиять энергетическая политика.
3. Сухая или полусухая очистка газа в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим. Присутствие высоких концентраций соединений бора в топочных газах может ограничить эффективность борьбы с загрязнением реагента, используемого в системах сухой или полусухой очистки газа.
4. Использование мокрой очистки газа	Технологический метод общеприменим в пределах технических ограничений; то есть существует необходимость в использовании специализированной станции по очистке сточных вод
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделах 5.9.3 и 5.9.6.	

Таблица 5.52. Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов оксида серы из стекловаренной печи в секторе производства стекловолокна из непрерывной нити

Параметр	Топливо	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1])	
		мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([2])
Оксид серы, выраженный в виде SO_2	Природный газ ([3])	<200 - 800	<0,9 - 3,6
	Топочный мазут ([4]) ([5])	<500 - 1000	<2,25 - 4,5
([1]) Более высокие уровни в диапазоне связаны с использование сульфатов в составе шихты для осветления стекломассы.			
([2]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (4,5 x 10^{-3}).			
([3]) Для рекуперативных печей с кислородным дутьем с применением мокрой очистки газа, уровень атмосферных выбросов НДТМ, как сообщают, равняется <0,1 кг оксида серы, выраженного в виде SO_2, на тонну расплавленного стекла.			
([4]) Связанные уровни выбросов загрязняющего вещества имеют отношение к использованию топочного мазута с 1 %-ым содержанием серы в качестве резервного топлива в сочетании с мерами борьбы с вторичным загрязнением.			
([5]) Более низкие уровни соответствуют состояниям, при которых уменьшение оксида серы является более приоритетным по отношению к уменьшению образования твердых отходов, представляющих собой богатую сульфатом пыль из фильтров. В этом случае более низкие уровни связаны с использование мешочного фильтра.			

5.4.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы HCl и HF из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.53, и обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.54.

Таблица 5.53. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием хлора и фтора	Технологический метод общеприменим в рамках ограничений на состав шихты и доступности сырья
2. Минимизация содержания фтора в составе шихты. Минимизация выбросов фтора от процесса плавления может быть достигнута следующим образом: • ограничение/уменьшение количества соединений фтора (например, флюорита), используемых в составе шихты, до минимума, соразмерного с качеством конечного продукта. Соединения фтора используются для оптимизации процесса плавления, для содействия волокнообразованию и ограничения обрыва нити • замена соединений фтора альтернативными материалами (например, сульфатами)	Замена соединений фтора альтернативными материалами ограничена требованиями к уровню качества продукта
3. Сухая или полусухая очистка газа, в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
4. Мокрая очистка газа	Технологический метод общеприменим в пределах технических ограничений; то есть существует необходимость в использовании специализированной станции по очистке сточных вод
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделах 5.9.4 и 5.9.6.	

Таблица 5.54: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов HCl и HF из стекловаренной печи в секторе производства стекловолокна из непрерывной нити

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([1])
Хлористый водород, выраженный в виде HCl	<10	<0,05
Фтористый водород, выраженный в виде HF ([2])	<5 - 15	<0,02 - 0,07
([1]) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (4,5 x 10^{-3}). ([2]) Более высокие уровни диапазона связаны с использование соединений фтора в составе шихты.		

5.4.5 Металлы из стекловаренных печей

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы металлов из стекловаренной печи путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.55, и обеспечивать уровень выбросов ниже приведенных в таблице 5.56.

Таблица 5.55. Методы сокращения выбросов металлов

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием металлов	Технологический метод общеприменим в пределах ограничений со стороны доступности сырья
2. Применение сухой или полусухой очистки газа, в сочетании с использованием системы фильтрации	Технологический метод общеприменим
3. Применение мокрой очистки газа	Технологический метод общеприменим в пределах технических ограничений; то есть существует необходимость в использовании специализированной станции по очистке сточных вод
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделах 5.9.5 и 5.9.6.	

Таблица 5.56: Уровни атмосферных выбросов НДТМ для выбросов металлов из стекловаренной печи в секторе производства стекловолокна из непрерывной нити

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ ([1])	
	мг/нм^3	кг/т расплавленного стекла ([2])
S (As, Co, Ni, Cd, Se, Crw)	<0.2 - 1	<0,9 - 4,5 x 10^{-3}

S (As, Co, Ni, Cd, Se, Crw. Sb, Pb, Crm, Cu, Mn, V, Sn)	<1 - 3	<4,5 - 13,5 x 10^{-3}
(1) Уровни относятся к общему количеству металла, присутствующего в топочных газах и в твердых, и в газообразных фазах. (2) Был применен пересчетный коэффициент, приведенный в Таблице 5.2 (4,5 x 10^{-3}).		

5.4.6 Выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов

Наилучшие доступные технологические методы должны уменьшать выбросы загрязняющего вещества от последующих технологических процессов путем использования одного или комбинации технологических методов, приведенных в таблице 5.57, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.58.

Таблица 5.57. Методы сокращения выбросов последующих технологических операций

Технологические методы ([1])	Возможность использования
1. Системы мокрой очистки газа	Технологический метод общеприменим для обработки отработавших газов от процесса формования, нанесения покрытия на волокна или вспомогательных процессов, в которых используется связующий компонент, который должен быть отвержден или высушен
2. Влажный электростатический пылеуловитель	
3. Система фильтрации (мешочный фильтр)	Технологический метод общеприменим для обработки отработавших газов от процесса резания и фрезеровочных работ
([1]) Описание технологических методов приводится в Разделах 5.9.7 и 5.9.8.	

Таблица 5.58: Уровни атмосферных выбросов НДТМ от последующих технологических процессов в секторе производства стекловолокна из непрерывной нити при последующей обработке

Параметр	Уровень атмосферных выбросов НДТМ, мг/нм^3
Выбросы загрязняющего вещества от процессов формирования и нанесения покрытия	
Пыль	<5 - 20
Формальдегид	<10

Аммиак	<30
Общее количество летучих органических соединений, выраженное в виде С	<20
Выбросы загрязняющего вещества от резания и фрезерования	
Пыль	<5 - 20

5.5 Заключение НДТ для производства стеклянной посуды

До представления иных заключений по лучшим технологиям, заключения НДТ, приведенные в данном разделе, могут применяться всеми предприятиям по производству стеклянной посуды

5.5.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

НДТ должны сократить выбросы пыли из отходящих газов стекловаренной печи за счет использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.59, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.60.

Таблица 5.59. Методы сокращения выбросов пыли

Технология ([1])	Условия применения
1. Сокращение летучих компонентов за счет изменения сырьевого материала. В составе материала могут быть очень летучие компоненты (например, бор, фтористые соединения), которые значительно способствуют процессу выброса пыли из стекловаренной печи	Эта технология применяется обычно с ограничениями, связанными с типом производимого стекла и наличием заменяемых материалов
2. Плавление в электрической печи	Не применима при больших объемах производства стекла (более 300 тонн в сутки). Не применима в случае больших изменений натяжения. Внедрение требует полной реконструкции печи
3. Плавка на основе кислородного топлива	Максимальный природоохранный эффект достигается после полной реконструкции печи
4. Система фильтрации: мешковый фильтр или электростатический фильтр	Обычно эта технология применима

Технология ([1])	Условия применения
5. Система влажной очистки	Применимость ограничена особыми случаями, в частности, при использовании электрических стекловаренных печей, где объемы выбросов дымовых газов и пыли обычно низкие и связаны с примесями в исходных материалах
([1]) Описание технологии приведено в Разделах 5.9.5 и 5.9.7.	

Таблица 5.60: НДТ- для выбросов пыли из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды

Параметр	НДТ-	
	мг/м^3	кг/т расплавленного стекла ([1])
Пыль	<10 – 20 ([2])	<0.03 – 0.06
	<1 – 10 ([3])	<0.003 – 0.03
(1)) Был применен коэффициент пересчета 3 x 10^{-3} (см. Таблица 5.2).Однако, от случая к случаю этот коэффициент может использоваться для специального производства (2) Приводятся соображения относительно экономической эффективности НДТ-AELs в случае, если производительность печи, выпускающей натрий-кальций-силикатное стекло менее 80 т/сутки (3)Эти НДТ-AEL применяют к составу материалов, содержащих значительное количество веществ, определяемых критерием, как опасные		

5.5.2 Окись азота (NO_X) из стекловаренных печей

НДТ необходимы для сокращения выбросов NOX из стекловаренных печей путем использования одной или сочетания приводимых в таблице 5.61 технологий и должны обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.62.

Таблица 5.61. Основные методы сокращения выбросов оксидов азота

Технология ([1])	Условия применения
1. Изменение горения	
1.1. Уменьшение соотношения воздух/топливо	Применима к конвенционным воздушно-топливным печам. Лучший результат – при реконструкции печи с учетом сочетания оптимальной конструкции с геометрическими показателями

Технология ([1])	Условия применения
1.2. Меньшая температура горения воздуха	Применима только в определенных обстоятельствах, ввиду меньшей эффективности печи и большего потребления топлива (т.е. использование рекуперативной печи взамен регенеративной)
1.3. Чередование горения: - Горение воздуха - Горение топлива	Чередование топлива возможно в большинстве конвенционных воздушно-топливных печей Чередование воздуха связано с ограничениями, ввиду технической сложности
1.4. Рециркуляция топливо-газ	Эта технология ограничена использованием специальных горелок с автоматической рециркуляцией отработанного газа
1.5. Горелки с низким содержанием NO_X	Обычно эта технология применима. Успехи природоохранных мер обычно меньше для печей с поперечным пламенем и боросиликатных печей, ввиду технических ограничений и меньшей степени гибкости печи. Лучшие успехи достигаются при реконструкции печи с учетом сочетания оптимальной конструкции с геометрическими параметрами
1.6. Выбор топлива	Применение обусловлено ограничениями, связанными с наличием различных видов топлива, на что может оказывать влияние энергетическая политика.
2. Специальная конструкция печи	Применение ограничено составом исходного продукта, содержащего высокий уровень стеклобоя (>70 %). Применение требует полной реконструкции стекловаренной печи. Форма печи (длинная и узкая) может создать пространственные ограничения
3. Плавление в электрической печи	Экономически неэффективная для производства стекла в больших объемах (>300 т/сутки). Неприменима в случае больших изменений объёмов производства. Применение требует полной реконструкции печи
4. Печь на кислородном топливе	Максимальный природоохранный эффект достигается для применений после полной реконструкции печи
Минимизация использования нитратов в составе материалов Нитраты применяют для высококачественных изделий, где требуется очень прозрачное стекло или для специального стекла. Другими эффек-	Замена нитратов в составе исходных материалов может быть ограничена их высокой стоимостью и/или более неблагоприятным воздействием этих материалов на окружающую среду.

Технология ([1])	Условия применения
тивными материалами могут быть сульфаты, окиси мышьяка или церия.	
([1]) Описание технологии приведено в Разделе 5.9.2.	

Таблица 5.62: НДТ- для выбросов NOX из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды

Параметр	НДТ	НДТ-	
		мг/м^3	кг/т стекла ([1])
NOx обозначен как NO_2	Виды горения, печи специальной конструкции	<500 – 1000	<1.25 – 2.5
	Плавление электрическое	<100	<0.3
	Кислородно-топливное ([2])	Не применимо	<0.5 – 1.5
	Тепловоздушная конвенциональная ([3])	<500 – 1500	<1.25 – 3.75
	Электроплавильная ([3])	<300 – 500	<8 – 10
(1) Для видов горения и конструкции специализированной печи использован коэффициент пересчета 2.5 x 10^{-3}, а для электрического плавления – коэффициент пересчета 3 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2), этот коэффициент может использоваться для специального производства. (2) Достигаемые уровни зависят от качества природного газа и наличия кислорода (содержание азота). (3) При использовании нитратов в составе сырьевых материалов			

5.5.3 Сернистый газ (SOX) из стекловаренных печей

НДТ должны сократить выбросы SOX из стекловаренной печи путем использования одной или сочетания приводимых в таблице 5.63 технологий до уровня ниже приведенного в таблице 5.64.

Таблица 5.63. Методы сокращения выбросов оксидов серы

Технология ([1])	Условия применения
1. Минимизация содержания серы в исходном материале и оптимизация серного баланса	Минимизация содержания серы в исходном материале проводится обычно с учетом ограничений качества конечного продукта. Оптимизация баланса серы требует оптимального выбора между устранением выбросов SOX

	и контролем твердых отходов (в фильтре для пыли)
2. Использование топлива с низким содержанием серы	Применение связано с ограничениями, обусловленными наличием малосернистого топлива, что регламентировано энергетической политикой страны члена
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Обычно эта технология применима
(1) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.3.	

Таблица 5.64: НДТ для выбросов SO_X из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды

Параметр	Топливо для плавления	НДТ-	
		мг/м^3	кг/т стекла (1)
SOx означает SO_2	Натуральный газ	<200 – 300	<0.5 – 0.75
	Мазут (2)	<1000	<2.5
	Электрическое плавление	<100	<0.25
(1) Коэффициент пересчета 2.5 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2).Однако от случая к случаю этот коэффициент может использоваться для специализированных производств (2) Показано использование мазута с 1 % серы в качестве резервного топлива в комбинации с оборудованием вторичной очистки.			

5.5.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренной печи

НДТ должны уменьшить выбросы HCl и HF из стекловаренной печи за счет использования одной или сочетания приводимых в таблице 5.65 технологий и обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.66.

Таблица 5.65. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технология (1)	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием хлора и фтора	Применение связано с ограничениями в составе материала для производимого на предприятии стекла и наличием сырьевого материала.
2. Минимизация содержания фтора в	Эту технологию применяют обычно в условиях

Технология ([1])	Условия применения
исходном материале и оптимизация баланса массы фтора Минимизацию выбросов фтора из печи можно обеспечить путем сведения к минимуму фторсодержащих веществ (например, флюорита) в исходных материалах, соизмеряя с качеством конечного продукта. Соединения фтора добавляют в состав материала, чтобы придать стеклу непрозрачный или дымчатый вид	ограничений, предъявляемых к качеству конечного продукта
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Обычно эта технология применима
4. Влажная очистка	Эту технологию применяют обычно в условиях технических ограничений, например, если заводу необходима специальная обработка сточной воды. Высокие расходы, проблемы обработки сточной воды, включающие ограничения повторного использования остатков после ее обработки, могут ограничивать применение этой технологии.
([1]) Описание технологии приводится в Разделах 5.9.4 и 5.9.6.	

Таблица 5.66. НДТ для выбросов HCl и HF из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды

Параметр	НДТ-	
	мг/м^3	кг/т стекло ([1])
Хлористый водород, обозначаемый HCl ([2]) ([3])	<10 – 20	<0.03 – 0.06
Фтористый водород, обозначаемый HF ([4])	<1 – 5	<0.003 – 0.015
(1) Применен коэффициент пересчета 3 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2). Однако, время от времени этот коэффициент может использоваться для специализированных производств. (2)Более низкие уровни связаны с использованием электрического плавления. (3) Если в качестве осветлителей используются KCl или NaCl, то НДТ-AEL <30 мг/м^3 или <0.09 кг/т стекла. (4)Более низкие уровни связаны с использованием электрического плавления. Более высокие уровни связаны с производством опалового стекла, повторным использованием		

фильтра для пыли, либо там где в составе исходного материала используются большое количество внешнего (стороннего) стеклобоя.

5.5.5 Металлы из стекловаренных печей

НДТ должны сократить выбросы металла из стекловаренной печи путем использования одной или сочетания приводимых в таблице 5.67 технологий и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.68.

Таблица 5.67. Методы сокращения выбросов металлов

Технология ([1])	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием металла	Применение может быть связано с ограничениями, обусловленными типом производимого стекла и наличием сырьевых материалов
2. Минимизация использования сырьевых материалов, содержащих металл, если требуется окрашивание или обесцвечивание стекла, либо стеклу необходимо придать специфические свойства	При производстве хрустального стекла или свинцового хрусталя минимизация металлических веществ в составе материалов ограничивается пределами, установленными стандартами на эти виды продукции.
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Обычно применяется эта технология
([1]) Описание технологии приведено в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.68. НДТ для выбросов металла из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды, за исключением стекол, для осветления которых используется селен.

Параметр	НДТ ([1])	
	мг/м^3	кг/т стекло ([2])
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI})	<0.2 – 1	<0.6 – 3 x 10^{-3}
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI}, Sb, Pb, Cr^{III}, Cu, Mn, V, Sn)	<1 – 5	<3 – 15 x 10^{-3}
(1) Уровни соответствуют сумме металлов в дымовых газах, в твердой или газообразной фазе (2) Коэффициент пересчета 3 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2). Однако от случая к случаю этот коэффициент может использоваться для специализированного производства.		

При использовании соединений селена для осветления стекла НДТ необходимы

для сокращения выбросов селена из стекловаренной печи посредством одной или сочетания приводимых в таблице 5.69 технологий и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.70.

Таблица 5.69. Методы сокращения выбросов селена

Технология ([1])	Условия применения
1. Минимизация использования соединений селена за счет правильного выбора сырьевых материалов	Применение может быть связано с ограничениями, обусловленными типом производимого стекла и наличием сырьевых материалов
2. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Обычно применяют эту технологию
([1]) Описание технологии приведено в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.70. НДТ для выбросов селена из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды, если для осветления стекла используются соединения селена

Параметр	НДТ ([1])	
	$мг/м^3$	кг/т стекла ([2])
Соединения селена – Se	<1	$<3 \times 10^{-3}$
(1) Значения относятся к сумме селена, присутствующего в дымовых газах в твердой и газообразной фазах (2)Коэффициент пересчета 3×10^{-3} (см. Таблицу 5.2). Однако от случая к случаю этот коэффициент может использоваться для специализированного производства.		

Если в производстве хрусталя используются соединения свинца, то НДТ должны сократить выбросы свинца из стекловаренной печи счет использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.71, и обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.72.

Таблица 5.71. Методы сокращения выбросов свинца

Технология ([1])	Условия применения
1. Электрическое плавление	Экономически неэффективна для производства больших объемов стекла (>300 т/сутки). Не применима при больших изменениях производи-

	тельности. Использование требует полной реконструкции печи
2. Мешочный фильтр	Обычно эта техника применима
3. Электростатический фильтр	
4. Сухая либо полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	
(1) Описание технологии приведено в Разделах 5.9.1 и 5.9.5.	

Таблица 5.72. НДТ для выбросов свинца из стекловаренной печи в секторе стеклянной посуды, если при производстве хрусталя используются соединения свинца

Параметр	НДТ (1)	
	мг/м^3	кг/т стекла(2)
Соединения свинца, обозначенные Pb	<0.5 – 1	<1 – 3 x 10^{-3}
(1) Значения относятся к сумме свинца, присутствующего в дымовых газах в твердой и газообразной фазах (2)Коэффициент пересчета 3 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2). Однако от случая к случаю этот коэффициент может использоваться для специализированного производства		

5.5.6 Промышленные выбросы в результате последующих процессов

Для последующих пылеобразующих процессов НДТ необходимы для сокращения выбросов пыли и металлов на основе использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.73, и должны обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.74.

Таблица 5.73. Методы сокращения выбросов из последующих процессов

Технология (1)	Условия применения
1. Выполнение пылеобразующих операций (например, резка, гранение, шлифование) с использованием воды	Обычно эта технология применима
2. Применение мешкового фильтра	
(1)Описание технологии приводится в Разделе 5.9.8.	

Таблица 5.74: НДТ для воздуха при пылеобразующих процессах в секторе стеклянной посуды при раздельной обработке

Параметр	НДТ, мг/м^3
Пыль	<1 – 10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr_{VI}) ([1])	<1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr_{VI}, Sb, Pb, Cr_{III}, Cu, Mn, V, Sn) ([1])	<1 – 5
Соединения свинца, выражаемые, как Pb ([2])	<1 – 1.5
(1) Уровни относятся к сумме металлов, присутствующих в отработанном газе. (2) Уровни относятся к пылеобразующим операциям при изготовлении хрусталя.	

При использовании процессов кислотного шлифования НДТ необходимы для сокращения выбросов HF за счет использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.75, и должны обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.76.

Таблица 5.75. Методы сокращения выбросов фторидов

Технология ([1])	Условия применения
1. Минимизация потерь шлифуемого продукта за счет создания мер защиты в используемой системе	Обычно применяется эта технология
2. Вторичная технология, например, влажная очистка	
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.6.	

Таблица 5.76. НДТ для выбросов HF, возникающих в результате кислотных процессов шлифования в секторе стеклянной посуды при раздельной обработке

Параметр	НДТ, мг/м^3
Фтористый водород, обозначенный как HF	<5

5.6 Заключения НДТ для производства специального стекла

До объявления других технологий заключения НДТ, представленные в данном Разделе, могут применяться на всех предприятиях по производству специального стекла.

5.6.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

НДТ должны сократить выбросы пыли из отработанных газов стекловаренных печей за счет использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.77, и обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.78.

Таблица 5.77. Методы сокращения выбросов пыли

Технология ([1])	Условия применения
1. Сокращение летучих компонентов путем замены сырьевых материалов. В составе исходных материалов могут быть очень летучие компоненты (напр. бор, фтористые соединения), которые могут быть основными составляющими пыли, выбрасываемой из стекловаренной печи	Эта технология используется обычно при определенных ограничениях качества производимого стекла
2. Электрическое плавление	Экономически неэффективна при производстве больших объемов стекла (>300 т/сутки). Не применима при частом изменении растяжений. Применение требует полной реконструкции печи
3. Система фильтрации, мешковый или электростатический фильтр	Данная технология обычно применима.
([1])Описание технологии приводится в Разделе 5.9.1.	

Таблица 5.78. НДТ для выбросов пыли из стекловаренной печи в секторе специального стекла

Параметр	НДТ	
	мг/м^3	кг/т стекла([1])
Пыль	<10 – 20	<0.03 – 0.13
	<1 – 10 ([2])	<0.003 – 0.065
(1) Для определения нижнего и верхнего значений НДТ (с учетом аппроксимации некоторых из них) использованы коэффициенты пересчета 2.5 x 10^{-3} и 6.5 x 10^{-3}. Однако, иногда эти коэффициенты должны применяться в зависимости от типа производимого стекла (см. Табл. 5.2). (2) НДТ применяют к исходным материалам, содержащим большое количество состав-		

ных веществ, определяемых критерием как опасные.

5.6.2 Окись азота (NOX) из стекловаренных печей

НДТ должны сократить выбросы NOX из стекловаренной печи путем использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.79, и обеспечить уровень выбросов ниже приведенных в таблице 5.80.

Таблица 5.79. Методы сокращения выбросов оксидов азота

Технология ([1])	Условия применения
1. Изменение горения	
1.1. Уменьшение соотношения воздух/ топливо	Применяют для воздушно-топливных конвенциональных печей. Наибольший эффект при реконструкции печи и оптимальном сочетании конструкции и геометрических параметров
1.2. Уменьшение температуры горения воздуха	Применима лишь в условиях специализированных установок, ввиду низкой эффективности печи и высокой потребности в топливе (использование рекуперативной печи взамен регенеративной)
1.3. Чередование горения: - Воздух - Топливо	В большинстве воздушно-топливных печей применяют чередование топлива. Чередование воздуха имеет ограниченное применение, ввиду технической сложности
1.4. Рециркуляция газ-топливо	Применение этой технологии ограничено использованием спец. горелок с автоматической рециркуляцией отработанного газа
1.5. Горелки с низким содержанием NOX	Обычно эта технология применима. Успехи природоохранных мер обычно ниже при использовании поперечного пламени и печей на газе, ввиду технических ограничений и меньшей гибкости печи. Наибольший эффект при реконструкции печи и оптимальном сочетании конструкции и геометрических параметров
1.6. Выбор топлива	Применение обусловлено ограничениями, связанными с наличием разных видов топлива, что может быть регламентировано энергетической политиков страны-члена
2. Электрическое плавление	Экономически неэффективна для производства больших объемов стекла (>300 т/сутки). Не применима при значительных изменениях производительности. Применение требует полной

Технология ([1])	Условия применения
	реконструкции печи
3. Топливнокислородное плавление	Наибольший природоохранный успех достигается при полной реконструкции печи
4. Выборочное каталитическое восстановление	Для доведения концентрации пыли ниже 10-15 мг/м^{3}и обеспечения системы сероочистки для устранения выбросов SOX, применение данной технологии может потребовать модернизации (расширения) системы очистки пыли. Ввиду оптимального диапазона рабочей температуры применение ограничено электростатическими фильтрами. Эта технология не использует систему мешковых фильтров; ввиду низкой рабочей температуры, в диапазоне 180 – 200 ^{o}C может потребоваться повторный нагрев отработанных газов. Внедрение технологии может потребовать значительного пространства
5. Выборочное некаталитическое восстановление	Применение ограничено для конвенциональных и регенеративных печей, в которых трудно получить нормальный температурный диапазон, либо невозможно хорошее смешивание отработанных газов с реагентом. Можно использовать для новых регенеративных печей, снабженных сплит системами теплообмена, однако трудно поддерживать температурный диапазон, ввиду изменения направления горения между камерами, что вызывает циклическое изменение температуры
6.Минимизация использования нитратов в составе материалов Нитраты используют для высококачественного стекла, для которого требуются особые характеристики. Другие эффективные материалы: сульфаты, окиси мышьяка и церия	Замена нитратов в составе материалов ограничена их высокой стоимостью и/или более ощутимым воздействием на окружающую среду
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.2.	

Таблица 5.80. НДТ для выбросов NOX из стекловаренной печи в секторе специального стекла

Параметр	НДТ	НДТ	
		мг/м^3	кг/т стекла (1)
NOX означает NO_2	Изменение горения	600 – 800	1.5 – 3.2
	Электрическое плавление	<100	<0.25 – 0.4
	Кислородно-топливное(2) (3)	Не применима	<1 – 3
	Вторичные технологии	<500	<1 – 3
	Минимизация ввода нитратов в состав материалов в сочетании с первичными или вторичными технологиями	<500 – 1000	<1 – 6
(1) Для определения нижнего и верхнего значений диапазона НДТ (см. Таблицу 5.2), выбраны коэффициенты пересчета 2.5 x 10^{-3} и 4 x 10^{-3}. Однако иногда эти коэффициенты необходимо использовать для другого типа производства (см. Таблицу 5.2). (2) Верхние значения связаны со специальным производством трубок из боросиликатного стекла для фармацевтических нужд (3) Достижимость уровней зависит от качества имеющегося природного газа и кислорода (содержание азота)			

5.6.3 Сернистый газ (SOX) из стекловаренных печей

НДТ должны сократить выбросы SOX из стекловаренной печи за счет использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.81, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.82.

Таблица 5.81. Методы сокращения выбросов оксидов серы

Технология (1)	Условия применения
1. Минимизация содержания серы в составе материала и оптимизация баланса серы	Обычно эта техника применима с ограничениями, связанными с требованиями качества конечного продукта
2. Использование низкосернистого топлива	Применение может быть ограничено в связи наличием низкосернистого топлива, что обусловлено энергетической политикой.
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Эта технология обычно применима.
(1) Описание технологии приведено в Разделе 5.9.3.	

Таблица 5.82. НДТ для выбросов SO_X из стекловаренной печи в секторе специального стекла

Параметр	Тип топлива	НДТ(1)	
		мг/м^3	кг/т стекла (2)
SO_X обозначает SO_2	Природный газ, электрическое плавление(3)	<30 – 200	<0.08 – 0.5
	Мазут (4)	500 – 800	1.25 – 2
(1) Диапазоны учитывают меняющийся баланс серы, что связано с типом производимого стекла. (2) Использован коэффициент пересчета 2.5 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2). Однако, иногда этот коэффициент может использоваться с учетом типа производства. (3) Нижние уровни связаны с использованием электрического плавления и составом материала без сульфатов. (4) Уровни выбросов связаны с использованием 1 % сернистого мазута в качестве резервного топлива в сочетании с технологией вторичной очистки.			

5.6.4. Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы HCl и HF из стекловаренных печей за счет использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.83, и обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.84.

Таблица 5.83. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технология (1)	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием хлора и фтора	Применение может быть связано с ограничениями в составе материала для типа стекла, производимого на предприятии, а также с наличием сырьевых материалов
2. Минимизация соединений фтора и/или хлора в исходном материале и оптимизация баланса массы фтора и/или хлора. Соединения фтора используют для придания специальным стеклам особых свойств (например, опаковое стекло для светильников, оптическое стекло). Соединения хлора могут использоваться как средство розжи-	Данная технология обычно применима с учетом ограничений по качеству конечного продукта.

га в производстве боросиликатного стекла	
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Это обычно применяемая технология
(1) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.4.	

Таблица 5.84. НДТ для выбросов HCl и HFиз стекловаренной печи в секторе специального стекла

Параметр	НДТ	
	мг/м^3	кг/т стекла (1)
Хлористый водород – HCl (2)	<10 – 20	<0.03 – 0.05
Фтористый водород – HF	<1 – 5	<0.003 – 0.04 (3)
(1) Использован коэффициент пересчета 2.5 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2)с аппроксимацией некоторых значений. Иногда этот коэффициент может основываться на типе производства. (2) Верхние уровни связаны с использованием хлора в составе материала; верхнее значение диапазона приведено на основе отчетных данных.		

5.6.5 Металлы из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы металла из стекловаренной печи за счет использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.85, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.86.

Таблица 5.85. Методы сокращения выбросов металлов

Технология (1)	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием металла	Применение может быть связано с ограничениями, обусловленными типом производимого на предприятии стекла, и наличием сырьевых материалов
2. Минимизация использования соединений металлов в составе материалов, за счет соответствующего выбора сырьевых материалов, где требуется окрашивание или осветление стекла, либо придание стеклу особых характеристик	Обычно используется эта технология
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	
(1)Описание этой технологии приводится в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.86. НДТ- для выбросов металлов из стекловаренной печи в секторе специального стекла

Параметр	НДТ- (1) (2)	
	мг/м^3	кг/т стекла (3)
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI})	<0.1 – 1	<0.3 – 3 x 10^{-3}
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI}, Sb, Pb, Cr^{III}, Cu, Mn, V, Sn)	<1 – 5	<3 – 15 x 10^{-3}
(1) Уровни относятся к сумме металлов, присутствующих в дымовых газах в твердой и газообразной фазах. (2) Нижние уровни, если соединения металла используют в составе материала не в качестве требуемой породы. (3) Использован коэффициент пересчета 2.5 x 10^{-3} с аппроксимацией некоторых значений, приведенных в таблице (см. Таблицу 5.2).Иногда этот коэффициент может выбираться с учетом типа производства.		

5.6.6 Выбросы от последующих процессов

Для процессов, связанных с потоком пыли, НДТ должны сократить выбросы пыли и металлов за счет использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.87, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.88.

Таблица 5.87. Методы сокращения выбросов пыли и металлов

Технология (1)	Условия применения
1. Выполнение операций, связанных с пылеобразованием (резка, гранение, шлифовка), с использованием жидкости	Обычно эта технология применима.
2. Применение системы мешковых фильтров	
(1)Описание технологии приведено в Разделе 5.9.8.	

Таблица 5.88. НДТ- для выбросов пыли и металлов в процессах последующей очистки в секторе специального стекла при раздельной обработке

Параметр	НДТ-, мг/м^3
Пыль	1 – 10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI}) (1)	<1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI}, Sb, Pb, Cr^{III}, Cu, Mn, V, Sn) (1)	<1 – 5
(1) Уровни относятся к сумме металлов, присутствующих в отработанном газе.	

При использовании процессов кислотного шлифования НДТ должна сократить выбросы HF путем использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.89, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.90.

Таблица 5.89. Методы сокращения выбросов фторидов

Технология ([1])	Описание
1. Минимизация потерь шлифуемого продукта за счет системы, обеспечивающей защиту	Обычно используется эта технология
2. Применение вторичной технологии, напр. влажной очистки	
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.6.	

Таблица 5.90. НДТ- для выбросов HF в результате процессов кислотного шлифования в секторе специального стекла.

Параметр	НДТ-, мг/м^3
Фтористый водород, обозначенный как HF	<5

5.7 Заключения НДТ для производства стеклянной ваты

До объявления других технологий заключения НДТ, представленные в данном Разделе, могут применяться на всех предприятиях по производству минеральной ваты.

5.7.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы пыли из отработанных газов за счет использования электростатического уловителя (фильтра) или системы мешочных фильтров, приведенных в таблице 5.91, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.92.

Таблица 5.91. Методы сокращения выбросов пыли

Технология ([1])	Условия применения
Система фильтрации: электростатический фильтр или мешочный фильтр	Обычно эта технология используется. Электростатические фильтры не применимы для печей, используемых при производстве каменной ваты, ввиду риска взрыва от воспламенения угарного газа, вырабатываемого в печи.
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.1.	

Таблица 5.92. НДТ- для выбросов пыли из стекловаренной печи в секторе минеральной ваты

Параметр	НДТ-	
	мг/м^3	кг/т расплавленного стекла (^{1})
Пыль	<10 – 20	<0.02 – 0.050
(^{1}) Для производства стекловаты и каменной ваты при определении нижнего и верхнего значений диапазона НДТ-AEL выбраны коэффициенты пересчета 2 x 10^{-3} и 2.5 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2).		

5.7.2 Окись азота (NOX)из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы NOX из стекловаренной печи за счет использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.93, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.94.

Таблица 5.93. Методы сокращения выбросов оксидов азота

Технология (^{1})	Условия применения
1. Изменения горения	
1.1. Уменьшение соотношения воздух/топливо	Применима для воздушно-топливных конвенционных печей. Наибольший эффект при обычной или полной реконструкции печи в сочетании с оптимальной конструкцией печи и размерами.
1.2. Сокращение температуры горения воздуха	Применима лишь в определенных условиях производства, ввиду низкой эффективности печи и высокой потребности топлива (т.е. использование рекуперативных печей взамен регенеративных)
1.3. Поочередное горение: - Горение воздуха - Горение топлива	В большинстве конвенционных воздушно-топливных печей используется поочередное горение. Поочередное горение газа используют редко ввиду технической сложности
1.4.Рециркуляция топливо-газ	Применение этой технологии ограничено, ввиду использования специальных горелок с автоматической рециркуляцией отработанного газа
1.5. Горелки с низким уровнем NOX	Обычно эта технология применима. Достигнутый природоохранный эффект обычно ниже при поперечном пламени, в печах, работающих на газе, ввиду технических ограничений и

Технология ([1])	Условия применения
	более низкой степени гибкости печи. Наибольший эффект при обычной или полной реконструкции печи в сочетании с оптимальной конструкцией печи и размерами
1.6.Выбор топлива	Применение ограничено наличием различных типов топлива, что может быть обусловлено энергетической политикой
2. Электрическое плавление	Экономически неэффективна при больших объемах производства стекла (>300 т/сутки). Не применима для производств с большими изменениями производительности. Внедрение требует полной реконструкции печи.
3. Кислородно-топливное плавление	Наибольший эффект достигается при обычной или полной реконструкции печи.
4. Минимизация использования нитратов в составе материалов. Использование нитратов (как средство окисления) в составе материалов с высоким уровнем внешнего стеклобоя необходимо, чтобы компенсировать имеющийся в стеклобое органический материал	Эта технология обычно применима с учетом ограничений, предъявляемых к качеству конечного продукта
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.2.	

Таблица 5.94. НДТ- для выбросов NO_X из стекловаренной печи в секторе минеральной ваты

Параметр	Продукт	Технология плавления	НДТ-	
			$мг/м^3$	кг/т стекла ([1])
NO_X означает NO_2	Стекловата	Топливно-воздушные и электрические печи	<200 – 500	<0.4 – 1.0
		Кислородно-топливное плавление([2])	Не применима	<0.5
	Каменная вата	Все типы печей	<400 – 500	<1.0 – 1.25
	Минеральная вата	Минимизации введения нитратов в состав материалов, в сочетании с первичной технологией	<500 – 700	<1.0 – 1.4 ([2])

Параметр	Продукт	Технология плавления	НДТ-	
			мг/м^3	кг/т стекла (^{1})
(1) Использованы коэффициенты пересчета 2 x 10^{-3} для стекловаты и 2.5 x 10^{-3} для каменной ваты (см. Таблицу 5.2). (2) Достижимые уровни зависят от качества натурального газа и имеющегося кислорода (содержание азота).				

5.7.3 Сернистый газ (SOX) из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы SOX из стекловаренной печи путем использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.95, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.96.

Таблица 5.95. Методы сокращения выбросов оксидов серы

Технология (^{1})	Условия применения
1. Минимизация содержания серы в составе материала и оптимизация баланса серы	Обычно эта технология применима для производства стекловаты с учетом ограничений, связанных с наличием сырьевых материалов с низким содержанием серы, особенно внешнего стеклобоя. Высокие уровни стеклобоя в составе материала ограничивают возможность оптимизации баланса серы, ввиду изменяющегося состава серы. При производстве каменной ваты оптимизация баланса серы может потребовать выбора оптимального соотношения между устранением выбросов SOX из дымовых газов и регулированием твердых отходов при их обработке (мешковый фильтр) и/или измельчении с последующим использованием в составе материала (цементные брикеты), либо уничтожением.
2.Использование низкосернистого топлива	Применение может быть ограничено в связи с наличием топлива с низким содержанием серы, что объясняется энергетической политикой.
3.Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	В производстве каменной ваты применение электростатических уловителей для вращающихся печей не практикуется
4. Использование влажной очистки	Обычно технология применима с техническими ограничениями, например, необходима установка по специальной обработке сточной воды
(^{1}) Описание технологии приводится в Разделах 5.9.3 и 5.9.6.	

Таблица 5.96. НДТ- для выбросов SO_X из стекловаренной печи в секторе минеральной ваты

Параметр	Продукт/условия	НДТ-	
		мг/м^3	кг/т стекла (1)
SO_X в пересчете на SO_2	***Стекловата***		
	Газовые и электрические печи (2)	<50 – 150	<0.1 – 0.3
	Каменная вата		
	Газовые и электрические печи	<350	<0.9
	Вращающиеся печи, без рециклинга (брикеты, шлак) (3)	<400	<1.0
	Вращающиеся печи с рециклингом – цементные брикеты или шлак (4)	<1400	<3.5

(1) Для стекловаты коэффициент пересчета 2 x 10^{-3} , для каменной ваты - 2.5 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2).
(2) Нижние уровни диапазонов связаны с использованием электрического плавления. Верхние уровни связаны с высоким уровнем рециклинга стеклобоя.
(3) НДТ- связана с условиями, при которых устранение выбросов SO_X имеет более высокий приоритет в сравнении с сокращением производства твердых отходов.
(4) Если более высокий приоритет имеет сокращение отходов в сравнении с выбросами SO_X, то можно ждать увеличения объема выбросов. Достижимые уровни должны основываться на балансе серы.

5.7.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы HCl и HF из стекловаренных печей путем использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.97, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.98.

Таблица 5.97. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технология(1)	Описание
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием хлора и фтора	Эта технология обычно применяется с учетом ограничений, связанных с наличием сырьевых материалов
2. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	При производстве каменной ваты на основе вращающихся печей электростатические фильтры не применяют

(1) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.4.

Таблица 5.98. НДТ- для выбросов HCl и HF из стекловаренных печей в секторе минеральной ваты

Параметр	Продукт	НДТ-	
		мг/м^3	кг/т стекла (1)
Хлористый водород HCl	Стекловата	<5 – 10	<0.01 – 0.02
	Каменная вата	<10 – 30	<0.025 – 0.075
Фтористый водород, HF	Все продукты	<1 – 5	<0.002 – 0.013 (2)
(1) Коэффициент пересчета для стекловаты 2 x 10^{-3} и 2.5 x 10^{-3} – для каменной ваты (см. Таблицу 5.2). (2) Для определения нижнего и верхнего значений диапазона НДТ- (см. Таблицу 5.2) использованы коэффициента пересчета 2 x 10^{-3} и 2.5 x 10^{-3}.			

5.7.5 Сероводород (H_2S) из стекловаренных печей для производства каменной ваты

НДТ должна сократить выбросы H_2S из стекловаренной печи путем использования системы сгорания отработанного газа, с целью окисления (оксидирования) сероводорода в SO_2 и обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.99.

Таблица 5.99. НДТ- для выбросов H_2S из стекловаренной печи в процессе производства каменной ваты

Параметр	НДТ-	
	мг/м^3	кг/т стекла (1)
Сероводород (сернистый газ) - H_2S	<2	<0.005
(1) Для каменной ваты использовании коэффициент пересчета 2.5 x 10^{-3} (см. таблицу 5.2).		

5.7.6 Металлы из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы металла из стекловаренной печи посредством использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.100, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.101.

Таблица 5.100. Методы сокращения выбросов металлов

Технология ([1])	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием металлов	Техника обычно применима с учетом ограничений, связанных с наличием материалов. При производстве стекловаты использование в составе материала марганца в качестве окислителя зависит от количества и качества внешнего стеклобоя, применяемого как исходный материал, и может быть минимизировано.
2. Применение системы фильтрации	При производстве каменной ваты на основе вращающихся печей электростатические фильтры не применяют
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.101. НДТ- для выброса металла из стекловаренных печей в секторе минеральной ваты

Параметр	НДТ- ([1])	
	мг/м^3	кг/т стекла ([2])
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI})	<0.2 – 1 ([3])	<0.4 – 2.5 x 10^{-3}
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI}, Sb, Pb, Cr^{III}, Cu, Mn, V, Sn)	<1 – 2 ([3])	<2 – 5 x 10^{-3}
(1) Диапазоны относятся к сумме металлов, присутствующих в дымовых газах в твердой и газообразной фазах. (2) Для определения нижнего и верхнего значений диапазона НДТ-AEL использованы коэффициенты пересчета 2 x 10^{-3} и 2.5 x 10^{-3} (см. Таблицу 5.2). (3) Верхние значения связаны с использованием в производстве каменной ваты вращающихся печей		

5.7.7 Выбросы от последующих процессов

НДТ должна сократить выбросы от последующих процессов посредством использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.102, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.103.

Таблица 5.102. Методы сокращения выбросов от последующих операций

Технология ([1])	Условия применения
1. Удар струей и циклонные фильтры Технология основана на удалении частиц из отработанных газов с помощью удара струей/ударного разрушения, а также удаления газообразных веществ путем частичной абсорбции с помощью воды. Для удара струей используется техническая вода. В рециркулярном процессе вода фильтруется и затем повторно используется.	Технология используется обычно в секторе минеральной ваты, особенно в производстве стекловаты, для удаления выбросов от процессов формования (процесс покрытия волокон). Применение технологии для производства каменной ваты ограничено, поскольку это может неблагоприятно воздействовать на используемое оборудование очистки.
2. Влажная очистка	Технология обычно применяется для обработки газов от процессов формования (процесс покрытия волокон), либо соединившихся отработанных газов (формование плюс отвердевание).
3. Влажные электростатические фильтры	Используется для обработки газов от процессов формования (покрытие волокон), от печей для затвердевания, либо соединившихся отработанных газов (формование + затвердевание)
4. Фильтры для каменной ваты Они представляют собой стальную или металлическую конструкцию, в которую вставлены куски каменной ваты, действующую как фильтр. Фильтр требует периодической очистки или замены. Он пригоден для отработанных газов, имеющих влажный состав и взвешенные частицы, характеризующиеся клейкой природой.	Применение ограничено главным образом процессами обработки каменной ваты, в частности, отработанных газов с участка формования и/или печей для затвердевания.
5. Сжигание отработанного газа	Технология применяется для обработки отработанных газов из печей затвердевания в процессе производства каменной ваты. Применение соединившихся отработанных газов (формования и затвердевания) экономически не выгодно ввиду большого объема, низкой концентрации, низкой температуры этих газов.
([1]) Описание технологии приводится в Разделах 5.9.7 и 5.9.9.	

Таблица 5.103. НДТ- для выбросов воздуха при последующих процессах обработки в секторе минеральной Ваты, в случае раздельной обработки

Параметр	НДТ-	
	мг/м^3	кг/т
Объединенные выбросы формования, отверждения и охлаждения		
Всего взвешенных частиц	<20 – 50	-
Фенол	<5 – 10	-
Формальдегид	<2 – 5	-
Аммиак	30 – 60	-
Амин	<3	-
Итого летучих органических соединений, обозначенных С	10 – 30	-
Выбросы из отверждающей печи (1) (2)		
Всего взвешенных частиц	<5 – 30	<0.2
Фенол	<2 – 5	<0.03
Формальдегид	<2 – 5	<0.03
Аммиак	<20 – 60	<0.4
Амин	<2	<0.01
Итого летучих органических соединений, обозначенных С	<10	<0.065
NOX, означает NO_2	<100 – 200	<1
(1) На уровни выбросов, выраженные в кг/т конечного продукта, не влияют толщина получаемого мата из минеральной ваты, а также экстремальные значения концентрации или разжиженность топливного газа. Использован коэффициент пересчета 6.5 x 10^{-3}. (2) Если производимая минеральная вата имеет высокую плотность или высокое содержание связующих веществ, то уровни выбросов связаны с перечисленными технологиями, поскольку НДТ для сектора была бы значительно выше, чем НДТ- Если продукт этого типа составляет значительную часть продукции предприятия, то следует рассматривать другую технологию.		

5.8 Заключения НДТ для производства фритт

До объявления других технологий заключения НДТ, представленные в данном Разделе, могут применяться на всех предприятиях по производству фритт

5.8.1 Выбросы пыли из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы пыли из отработанных газов стекловаренной печи с помощью системы электростатических или мешковых фильтров, которые должны обеспечить уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.104.

Таблица 5.104. НДТ- для выбросов пыли при производстве фритты

Параметр	НДТ-	
	мг/м^3	кг/т стекла (^{1})
Пыль	<10 – 20	<0.05 – 0.15
(^{1}) Для определения нижнего и верхнего значений диапазона НДТ- (см. Таблицу 5.2) выбран коэффициент пересчета 5 x 10^{-3} и 7.5 x 10^{-3}. Однако, иногда этот коэффициент может быть использован применительно к типу горения.		

5.8.2 Окись азота (NOX) из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы NOX из стекловаренных печей путем использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.105, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.106.

Таблица 105. Методы сокращения выбросов оксидов азота.

Технология (^{1})	Условия применения
1. Минимизация нитратов в составе материалов. Для получения требуемых характеристик при производстве фритт нитраты добавляют в состав материалов для многих продуктов.	Замена нитратов в составе материалов может быть ограничена высокими расходами и/или усилением влияния на окружающую среду других материалов и/или требованиями к качеству конечного продукта.
2. Сокращение поступления в печь паразитного воздуха. Технология предусматривает предотвращение доступа воздуха в печь с помощью уплотнения отверстий в блоках горелок, подачи исходного материала и других отверстий стекловаренной печи.	Обычно эта технология применима.
3. Изменение горения	
3.1. Уменьшение соотношения воздух /топливо	Применима для воздушно-топливных конвенционных печей. Наибольший эффект достигается

Технология ([1])	Условия применения
	при обычной или полной реконструкции печи, с учетом сочетания оптимальной конструкции печи и ее размеров
3.2. Уменьшение температуры горения воздуха	Применима лишь при определенных условиях производства, ввиду более низкой эффективности печи и более высокой потребности в топливе
3.3. Чередование горения: - Горение воздуха - Горение топлива	К большинству конвенционных воздушно-топливных печей применимо чередование топлива. Чередование топлива имеет ограниченное применение, ввиду технической сложности
3.4. Рециркуляция топливо-газ	Применение данной технологии ограничено использованием специальных горелок с автоматической рециркуляцией отработанного газа
3.5. Горелки с низким NOX	Обычно данная технология применим. Наибольший эффект получают при обычной или полной реконструкции печи, в сочетании с оптимальной конструкцией печи и размерами
3.6. Выбор топлива	Применение имеет ограничения, связанные с наличием различных типов топлива, что обусловлено политикой в области энергетики.
4. Кислородно-топливное плавление	Максимальный эффект достигается при полной реконструкции печи
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.2.	

Таблица 5.106. НДТ- для выбросов NOX из стекловаренных печей в секторе производства фритт

Параметр	НДТ	Условия работы	НДТ- ([1])	
			мг/м^3	кг/т стекла ([2])
NOX в пересчете на NO2	Первичная технологи	Кислородно-топливное горение, без нитратов ([3])	Не применима	<2.5 – 5
		Кислородно-топливное горение с нитратами	Не применима	5 – 10
		Горение топливо/воздух, топливо/кислород, обогащенный воздухом, без нитратов	500 – 1000	2.5 – 7.5

		Горение топливо/воздух, топливо/кислород, обогащенный воздухом, с нитратами	<1600	<12
(1) В диапазонах учитывается сочетание дымовых газов из стекловаренной печи (за счет применения различных технологий плавления, а также производства различных фритт, с нитратами или без них), которые могут быть направлены в одну трубу. (2) Для определения нижнего и верхнего значений диапазона использован коэффициенты пересчета 5 x 10^{-3} и 7.5 x 10^{-3}·. Однако, иногда коэффициент пересчета может быть использован применительно к типу горения (см. Таблицу 5.2). (3) Достижимые уровни зависят от качества натурального газа и имеющегося кислорода (содержание азота).				

5.8.3 Окись серы (SOX) из стекловаренных печей

НДТ должна контролировать выбросы SOX из стекловаренной печи путем использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.107, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.108.

Таблица 5.107. Методы сокращения выбросов оксидов серы

Технология ([1])	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием серы	Эта технология обычно применима с учетом ограничений наличия сырьевых материалов
2. Сухая и полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Эта технология обычно применима
3. Использование топлива с низким содержанием серы	Применение имеет ограничения, связанные с наличием низкосернистого топлива, что обусловлено политикой в области энергетики.
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.3.	

Таблица 5.108. НДТ- для выбросов SOX из стекловаренной печи в секторе производства фритт

Параметр	НДТ-	
	мг/$м^3$	кг/т стекла ([1])
SOX в пересчете на SO_2	<50 – 200	<0.25 – 1.5
([1]) Использованы коэффициенты пересчета 5 x 10^{-3} и 7.5 x 10^{-3}; однако, значения ука-		

занные в таблице, могли быть аппроксимированы. Иногда коэффициент пересчета может применяться применительно к типу горения (см. Таблицу 5.2).

5.8.4 Хлористый водород (HCl) и фтористый водород (HF) из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы HCl и HF из стекловаренной печи путем использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.109, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.110.

Таблица 5.109. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технология ([1])	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием хлора и фтора.	Технология применима с ограничениями по составу материала и наличия сырьевых материалов
2. Минимизация фтористых соединений в составе материала при необходимости обеспечения качества конечного продукта. Фтористые соединения используются для придания фриттам особых характеристик (т.е. термической и химической устойчивости)	Минимизация или замена фтористых соединений альтернативными материалами ограничиваются требованиями качества продукта.
3. Сухая или полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	Обычно эта техника применима
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.4.	

Таблица 5.110. НДТ- для выбросов HCl и HF из стекловаренной печи в секторе фритт

Параметр	НДТ-	
	$мг/м^3$	кг/т стекла ([1])
Хлористый водород, обозначаемый HCl	<10	<0.05
Фтористый водород, обозначаемый HF	<5	<0.03
([1]) Использован коэффициент пересчета 5×10^{-3} с аппроксимацией некоторых значений. Иногда коэффициент пересчета может применяться к типу горения (см. Таблицу 5.2).		

5.8.5 Металлы из стекловаренных печей

НДТ должна сократить выбросы металла из стекловаренной печи путем использования одной или сочетания технологий, приведенных в таблице 5.111, и обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.112.

Таблица 5.111. Методы сокращения выбросов металлов

Технология ([1])	Условия применения
1. Выбор сырьевых материалов с низким содержанием металлов	Эта технология обычно применима с учетом ограничений по типу производимых фритт и наличия сырьевых материалов
2. Минимизация использования металлических соединений в составе материалов при необходимости окрашивания, либо придания особых характеристик	Эта технология обычно применима
3. Сухая и полусухая очистка в сочетании с системой фильтрации	
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.5.	

Таблица 5.112. НДТ- для выбросов металла из стекловаренной печи в секторе по производству фритт

Параметр	НДТ- ([1])	
	мг/м^3	кг/т стекла ([2])
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI})	<1	$<7.5 \times 10^{-3}$
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr^{VI}, Sb, Pb, Cr^{III}, Cu, Mn, V, Sn)	<5	$<37 \times 10^{-3}$
(1) Уровни относятся к сумме металлов, присутствующих в дымовых газах в твердой и газообразной фазах. (2) Использован коэффициент пересчета 7.5 x 10^{-3} . Иногда коэффициент пересчета может применяться с учетом типа горения (см. Таблицу 5.2).		

5.8.6 Выбросы от последующих процессов

Для последующих процессов удаления пыли НДТ должна сократить выбросы путем использования одной, либо сочетания технологий, приведенных в таблице 5.113, и

обеспечивать уровни выбросов ниже приведенных в таблице 5.114.

Таблица 5.113. Методы сокращения выбросов от последующих процессов

Технология ([1])	Условия применения
1. Применение технологии влажного измельчения. Технология предусматривает дробление фритт до частиц нужного размера в достаточном количестве жидкости, с образованием кашицы. Процесс выполняется в алюминиевых грануляторах.	Обычно эта технология применима
2. Сухое измельчение и упаковка сухого продукта под действием эффективной вытяжной системы с тканевым фильтром. В измельчающем оборудовании или на рабочей станции используется негативное давление, чтобы направить выбросы пыли в тканевой фильтр.	
3. Применение системы фильтрации	
([1]) Описание технологии приводится в Разделе 5.9.1.	

Таблица 5.114. НДТ для выбросов воздуха при последующих процессах в секторе фритт в случае раздельной обработки

Параметр	НДТ-AEL, мг/м^3
Пыль	5 – 10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr_{VI})	<1 ([1])
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr_{VI}, Sb, Pb, Cr_{III}, Cu, Mn, V, Sn)	<5 ([1])
([1]) Уровни относятся к сумме металлов присутствующих в отработанном газе.	

5.9 Описание технологических методов

5.9.1 Выбросы пыли

Описание технологических методов сокращения выбросов пыли приведено в таблице 5.115.

Таблица 5.115. Методы сокращения выбросов пыли

Технологические методы ([1])	Возможность использования
Электростатический пылеуловитель	Электростатические пылеуловители работают таким образом, что частицы заряжаются и отделяются под влиянием

Технологические методы ([1])	Возможность использования
	электрического поля. Электростатические пылеуловители способны работать в широком диапазоне условий.
Мешочный фильтр	Мешочные фильтры изготовлены из пористого тканого материала или войлока, через которые проходят газы для удаления частиц. Использование мешочного фильтра требует выбора материала ткани, соответствующего характеристикам отработавших газов и максимальной рабочей температуре.
Уменьшение летучих компонентов путем изменений сырьевого материала	Химический состав шихты может содержать очень летучие компоненты (например, соединения бора), количество которых может быть минимизировано или заменено для того, чтобы уменьшить выбросы пыли, главным образом вызванные явлениями испарительного переноса
Плавление в электропечи	Технологический метод основывается на применении стекловаренной печи, в которой энергия обеспечивается с помощью резистивного нагревания. В стекловаренных печах с холодным сводом (в которых электроды обычно вставлены в нижнюю часть печи) слой шихты закрывает поверхность стекломассы с последующим значительным сокращением испарительного переноса компонентов шихты (то есть, соединений свинца).

5.9.2 Выбросы оксидов азота

Технологические методы сокращения выбросов оксидов азота приведены в таблице 5.116.

Таблица 5.116. Методы сокращения выбросов оксидов азота.

Технологический метод	Описание
Изменения процесса горения	
1. Уменьшение соотношения воздух-топливо	Технологический метод главным образом базируется на следующих конструктивных особенностях: • минимизация просачивания воздуха в печь • для процесса горения используется тщательный контроль воздуха • измененная конструкция камеры сгорания печи
2. Пониженная темпе-	Использование рекуперативных печей вместо регенеративных

Технологический метод	Описание
ратура воздуха, поступающего в зону горения	печей повлекло за собой снижение температуры подогрева воздуха и, следовательно, меньшую температуру пламени. Однако это связано с меньшей эффективностью печи (ниже производительность стекловаренной печи), ниже к.п.д. по топливу и более высокое требование к топливу, что приводит к потенциально более высоким выбросам загрязняющего вещества (кг/т стекла)
3. Ступенчатое сжигание	• Ступенчатая подача воздуха предусматривает субстехиометрический разогрев и добавление оставшегося воздуха или кислорода в печь для обеспечения полного сгорания. • Ступенчатое сжигание топлива – низкоимпульсный основной факел пламени создается в горловине пламенного окна регенеративной печи (10 % полной энергии); вспомогательный факел пламени охватывает основание основного факела пламени, уменьшая температуру его внутренней части
4. Рециркуляция топочного газа	Подразумевает обратное закачивание отработавшего газа из печи в пламя, чтобы уменьшить содержание кислорода и, следовательно, температуру пламени. Использование специальных горелок базируется на внутренней рециркуляции газообразных продуктов сгорания, которые охлаждают основание факела пламени и уменьшают содержание кислорода в самой горячей части пламени.
5. Горелки с низким выходом оксидов азота	Технологический метод основывается на принципах уменьшения максимальных температур пламени, задерживая, но завершая процесс горения и увеличивая теплопередачу (увеличенная излучательная способность пламени). Это может быть связано с модифицированной конструкцией камеры сгорания печи.
6. Выбор топлива	Как правило, печи, работающие на мазуте, демонстрируют более низкие выбросы окислов азота, чем газовые печи вследствие лучшей тепловой излучательной способности и более низкой температуры пламени.
7.Специальная конструкция печи	Печь рекуперативного типа, которая объединяет в себе различные конструктивные особенности, обеспечивающие более низкие температуры пламени. Основными признаками являются: • определенный тип горелок (количество и расположение) • измененная геометрия печи (высота и размер)

Технологический метод	Описание
	• двухступенчатый предварительный нагрев сырья отработавшими газами, проходящими через сырье, поступающее в печь, и предварительного обогревателя привозного стекольного боя, расположенного ниже рекуператора, используемого для предварительного подогрева воздуха, поступающего в зону горения.
8.Плавление в электропечи	Технологический метод основывается на использовании стекловаренной печи, в которой энергия обеспечивается с помощью резистивного нагревания. Главными особенностями являются: • электроды обычно вставлены в нижней части печи (с холодным сводом) • в составе шихты электрических печей с холодным сводом часто требуется использование нитратов для обеспечения необходимых окислительных условий для создания устойчивого, безопасного и эффективного производственного процесса
9.Плавление с использованием горения топлива в кислороде	Технологический метод предусматривает замену воздуха для системы сгорания с кислородом (> 90 % чистоты) с последовательным устранением/уменьшением выхода термических оксидов азота из азота, попадающего в печь. Остаточное содержание азота в печи зависит от чистоты поставляемого кислорода, от качества топлива (% N_2 в природном газе) и от потенциальной возможности всасывания воздуха.
10.Химическое восстановление топливом	Технологический метод основывается на впрыске органического топлива в отработавший газ с химическим восстановлением оксида азота в N_2 с помощью серии реакций. В процессе 3R топливо (природный газ или мазут) вводится на входе в регенератор. Технология предназначена для использования в регенеративных печах.
11.Избирательное каталитическое восстановление	Технологический метод базируется на уменьшении соотношения оксида азота и азота в слое катализатора посредством реакции с аммиаком (в обычном водном растворе) при оптимальной рабочей температуре, равной приблизительно 300 - 450°C. Могут быть применены один или два слоя катализатора. Более значительное уменьшение оксида азота достигается благодаря использованию большего количества катализатора (два слоя).
12.Избирательное некаталитическое восста-	Технологический метод базируется на уменьшении соотношения оксида азота и азота в слое катализатора посредством

Технологический метод	Описание
новление	реакции с аммиаком или мочевиной при повышенной температуре. Диапазон рабочих температур необходимо поддерживать между 900 и 1050 °C.
13.Уменьшение использования нитратов в составе шихты	Уменьшение нитратов используется для снижения выбросов окислов азота, происходящих при разложении этого сырья, когда оно применяется в качестве окисляющего вещества для очень высококачественных продуктов, когда требуется получить очень прозрачное стекло или для получения необходимых характеристик у прочих стекол. Могут быть применены следующие средства: • Уменьшение наличия нитратов в составе шихты до минимума, в соответствии с требованиями к изделию и процессу плавления. • Замена нитратов альтернативными материалами. Эффективными альтернативами являются сульфаты, оксиды мышьяка, оксид церия. • Применение изменений процесса (например, специальные окислительные условия сгорания)

5.9.220 Выбросы оксидов серы

Технологические методы сокращения выбросов оксидов серы приведены в таблице 5.117.

Таблица 5.117. Методы сокращения выбросов оксидов серы

Технологический метод	Описание
Сухая или полусухая очистка газа, в сочетании с использованием системы фильтрации	Сухой порошок или суспензия/раствор щелочного реагента вводятся в поток отработавшего газа и диспергируются. Материал реагирует с газовыми примесями серы, образуя твердое соединение, которое должно удаляться посредством фильтрации (мешочный фильтр или электростатический пылеуловитель). Как правило, использование реакционной колонны улучшает эффективность работы системы очистки газа
Минимизация содержания серы в составе шихты и оптимизация баланса серы	Минимизация содержания серы в составе шихты применяется для уменьшения выбросов оксида серы, возникающих при разложении содержащего серу сырья (как правило, сульфатов), используемого в качестве осветляющего вещества. Эф-

Технологический метод	Описание
	фективное уменьшение выбросов оксида серы зависит от фиксации сернистых соединений в стекле, которое может значительно изменяться в зависимости от типа стекла и от оптимизации баланса серы.
Использование топлива с низким содержанием серы	Использование природного газа или топочного мазута с низким содержанием серы используется для уменьшения количества выбросов оксида серы, возникающих при окислении серы, содержавшейся в топливе во время процесса горения.

5.9.4 Выбросы HCl, HF

Технологические методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов приведены в таблице 5.118.

Таблица 5.118. Методы сокращения выбросов хлоридов и фторидов

Технологический метод	Описание
Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием хлора и фтора	Технологический метод основывается на тщательном отборе сырья, которое может содержать хлориды и фториды в качестве примесей (например, синтетическая кальцинированная сода, доломит, привозной стекольный бой, повторно используемая пыль из фильтров) для того, чтобы уменьшить первичные выбросы HCl и HF, которые возникают в результате разложения этих материалов во время процесса плавления.
Минимизация количества соединений фтора и/или хлора в составе шихты и оптимизация баланса масс хлора и/или фтора	Минимизация выбросов фтора и/или хлора в процессе плавления может быть достигнута путем ограничения/уменьшения до минимума количества этих веществ, используемых в составе шихты, в соответствии с качеством конечного продукта. Соединения фтора (например, флюорит, криолит, фторсиликат) используются для придания конкретных особенностей специальным стеклам (например, непрозрачное стекло, оптическое стекло). Соединения хлора могут использоваться в качестве осветляющих веществ.
Сухая или полусухая очистка газа, в сочетании с использованием системы фильтрации	Сухой порошок или суспензия/раствор щелочного реагента вводятся в поток отработавшего газа и диспергируются. Материал реагирует с газообразными хлоридами и фторидами, образуя твердое соединение, которое должно удаляться посредством фильтрации (мешочный фильтр или электростатический пылеуловитель).

5.9.5 Выбросы металлов

Технологические методы сокращения выбросов металлов приведены в таблице 5.119.

Таблица 5.119. Методы сокращения выбросов металлов

Технологический метод	Описание
Выбор сырья для состава шихты с низким содержанием металлов	Технологический метод основывается на тщательном отборе компонентов шихты, которые могут содержать металлы в качестве примесей (например, привозной стекольный бой), для того, чтобы уменьшить первичные выбросы металлов, которые возникают в результате разложения этих материалов во время процесса плавления.
Уменьшение использования соединений металлов в составе шихты в случаях, когда согласно требованиям потребителя к качеству стекла необходимо выполнять окраску и обесцвечивание стекла	Минимизация выбросов металлов во время процесса плавления может быть достигнута следующим образом: • путем ограничения количества соединений металлов в составе шихты (например, железа, хрома, кобальта, меди, соединений марганца) при производстве цветных стекол • путем уменьшения количества соединений селена и оксида церия, используемых в качестве обесцвечивающего средства при производстве прозрачного стекла
Уменьшение использования соединений селена в составе шихты путем надлежащего выбора сырья	Минимизация выбросов селена во время процесса плавления может быть достигнута: • путем ограничения/уменьшения до минимума количества селена в составе шихты, в соответствии с требованиями к изделию • путем выбора сырья с селеном с меньшей испаряемостью, для того чтобы уменьшить явления испарительного переноса во время процесса плавления
Применение системы фильтрации	Системы снижения запыленности (мешочный фильтр и электростатический пылеуловитель) могут уменьшить и количество выбросов и пыли, и металлов, так как выброс металлов во время процесса варки стекла в значительной степени происходит в форме твердых частиц. Однако, для некоторых металлов, представляющих собой чрезвычайно летучие соединения (например, селен), эффективность очистки может значительно отличаться в зависимости от температуры фильтрования.

Технологический метод	Описание
Сухая или полусухая очистка газа, в сочетании с использованием системы фильтрации	Количество металлов в газообразном состоянии может быть значительно снижено путем применения технологического метода сухой или полусухой очистки газа с помощью щелочного реагента. Щелочной реагент реагирует с газовыми примесями, образуя твердое соединение, которое должно удаляться посредством фильтрации (мешочный фильтр или электростатический пылеуловитель).

5.9.6 Комбинированные выбросы газообразных отходов (например, оксид серы, HCl, HF, соединения бора)

Технологические методы сокращения выбросов газообразных отходов приведены в таблице 5.120.

Таблица 5.120. Методы сокращения выбросов газообразных отходов

Технологический метод	Описание
Мокрая очистка газа	В процессе мокрой очистки газа газообразные соединения растворяются в специальной жидкости (водный или щелочной раствор). Ниже скруббера с водяным орошением топочные газы насыщаются водой, и перед выходом топочных газов требуется выполнять туманоулавливание. Получающаяся в результате жидкость должна быть обработана с помощью процесса обработки отработавшей воды, и нерастворимое вещество должно быть собрано посредством осаждения отстаиванием или фильтрации

5.9.7 Комбинированные выбросы загрязняющего вещества (твердые + газообразные)

Технологические методы сокращения комбинированных выбросов загрязняющих веществ приведены в таблице 5.121.

Таблица 5.121. Методы сокращения смешанных выбросов твердых и газообразных веществ

Технологический метод	Описание
Мокрая очистка газа	В процессе мокрой очистки газа (посредством специальной жидкости: водный или щелочной раствор) может быть достигнуто одновременное удаление твердых и газообразных соеди-

Технологический метод	Описание
	нений. Критерии проектирования для удаления твердых частиц или газа отличаются; поэтому, конструкция часто является компромиссом между этими двумя вариантами. Получающаяся в результате жидкость должна быть обработана с помощью процесса обработки использованной воды, и нерастворимое вещество (выбросы твердых загрязняющих веществ и продуктов от химических реакций) должно быть собрано посредством осаждения отстаиванием или фильтрации. В секторе производства минерального волокна и стекловолокна из непрерывной нити, наиболее распространенными системами являются: • скрубберы с насадкой с напорными соплами, расположенными по ходу спереди • скрубберы с трубами Вентури
Влажный электростатический пылеуловитель	Технологический метод основывается на электростатическом пылеуловителе, в котором собранный материал удаляют с пластин коллекторов, смывая его специальной жидкостью, обычно водой. Обычно устанавливается некий механизм для удаления капель воды перед выбросом отработавшего газа (влагоуловитель или последнее сухое поле)

5.9.8 Выбросы загрязняющих веществ в процессе операций по резанию, шлифовке, полировке

Технологические методы сокращения выбросов загрязняющих веществ при механической обработке стекла (резке, фрезировании, шлифовке, полировке) приведены в таблице 5.122.

Таблица 5.122. Методы сокращения выбросов при механической обработке стекла

Технологический метод	Описание
Выполнение пыльных работ (например, резание, шлифование, полирование) с использованием жидкости	Вода обычно используется в качестве охлаждающей жидкости при выполнении операций по резанию, шлифовке, полировке и для предотвращения выбросов пыли. Может понадобиться вытяжная система, снабженная брызгоуловителем.
Применение системы мешочных пылеуловителей	Использование мешочных фильтров применяется для уменьшения выбросов, как пыли, так и металлов, так как ме-

Технологический метод	Описание
	таллы от последующих технологических процессов в значительной степени содержатся в виде твердых частиц.
Уменьшение потерь полировального материала, обеспечивая хорошее уплотнение прикладной системы	Полирование с использованием кислоты выполняется путем погружения изделий из стекла в полировальную ванну с гидрофтористой и серной кислотой. Выброс паров может быть ограничен благодаря использованию хорошей конструкции и техническому обслуживанию прикладной системы для ограничения потерь.
Применение вспомогательного технологического метода, например, мокрой очистки газа	Мокрая очистка газа с помощью воды используется для обработки отработавших газов, из-за кислотного характера выбросов загрязняющих веществ и высокой растворимости газообразных загрязнителей, которые необходимо удалять.

5.9.9 Выбросы H_2S, летучих органических соединений

Технологические методы сокращения выбросов летучих органических соединений приведены в таблице 5.123.

Таблица 5.123. Методы сокращения выбросов летучих соединений

Технологический метод	Описание
Сжигание отработавшего газа	Технологический метод основывается на системе термического сжигания газообразных выбросов, которая окисляет сероводород (образуемый вследствие сильных восстановительных условий в стекловаренной печи) до сернистого ангидрида и оксида углерода до диоксида углерода. Летучие органические соединения термически сжигаются с последующим окислением до диоксида углерода, воды и прочих продуктов горения (например, NO_X, SO_X).

6. Экономические аспекты систем контроля загрязнения воздуха, примененных к стекловаренным печам

В настоящем разделе представлены оценки расходов, связанных с реализацией различных систем контроля загрязнения воздуха для стекловаренных печей.

В таблице 6.1 содержится отчет об оценке расходов касательно применения электростатического осадителя в сочетании со стадией сухой очистки скрубберами, примененной к различным стекловаренным печам. В таблице показаны суммарные инвестиционные расходы (вторая колонка), расходы на инвестиции (амортизация и проценты) за год, эксплуатационные расходы и удельные расходы на различные печи по трем секторам стекольной промышленности, как с применением системы рециркуляции фильтрованной пыли, так и без применения данной системы. Также представлены расходы на кг SO_2 или на килограмм удаленной пыли из топочного газа. Эти расходы зависят от множества факторов, поскольку для одного и того же типа стекла и объёма производства, затраты на обработку скрубберами и фильтрацию могут различаться из-за различных объемов топочного газа, добавления гашеной извести и слишком большого размера оборудования (с тем, чтобы оно было способно обслуживать АРС даже при максимальном уровне производства).

Часть совокупных издержек, как предполагается, связана с удалением пыли, а другая часть – с сокращением выбросов SOx.

В таблице 6.2 представлены сводные данные по оценке расходов, связанных с применением системы контроля загрязнения воздуха при использовании пылеуловителя с рукавными фильтрами плюс стадии очистки скрубберами (сухая и полусухая очистка) для различных секторов стекольной промышленности и различных емкостей печей.

В таблице 6.3 представлен обзор различных методов, применимых к удалению SO_X, HF, HCl или соединений бора, а также соединений селена из отходящих газов стеклоплавильных печей. В ней обобщены данные об эффективности, преимуществах, недостатках, пограничных состояниях и затратах, связанных с различными технологиями удаления SO_X (десульфуризации). Данные о затратах приведены в пересчете на тонну расплава стекла и относятся к применениям в печах по плавлению флоат-стекла или тарного стекла. Два различных варианта - с полной переработкой фильтрованной пыли в рецепте шихты или внешней утилизации в места захоронения отходов представлены в таблице. Разница между двумя значениями основана на характерных расходах по утилизации фильтрованной пыли. Утилизация плюс транспорт могут составлять до 24000 руб. на тонну пыли. В статье расходов, указанных в таблице 6.3, учитывается средняя ситуация по России. Следует принять во внимание, что эти расходы могут существенно раз-

личаться по различным регионам и меняться во времени (например, расходы на энергоресурсы сильно варьируются).

Сводная информация по затратам производства конкретных изделий в связи с различными системами контроля загрязненности воздуха, примененными к комбинированному снижению уровня запыленности и SOx, представлена в таблице 6.4.

Таблица 6.1 Оценка затрат для систем контроля загрязненности воздуха с помощью электростатических осадителей (ЭСС) плюс очистки сухими скрубберами, примененными к топочным газам из стеклоплавильных печей

Методы и применения ([1]) ([2])	Совокупные инвестиции в руб.	Инвестиции в год руб.	Эксплуатация в руб./ год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V т пыли/ год	V т SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./ кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий: руб./ кг пыли
Электростатический осадитель плюс сухой скруббер с $Ca(OH)_2$								
Печи для плавления флоат-стекла 600 т/с с переработкой фильтрованной пыли	234254400	30000000	22560000	288	-78	-153	30	600
Печи для плавления флоат-стекла 700 т/с с переработкой фильтрованной пыли	282000000	36192000	29280000	256	-104	-203	29	573
Печи для плавления флоат-стекла 800 т/с с переработкой фильтрованной пыли	327600000	42042000	34500000	233	-130	-254	27	536
Печи для плавления флоат-стекла 600 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	234254400	30000000	41280000	396	-78	-153	41	832
Печи для плавления флоат-стекла 700 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	282000000	36192000	53760000	352	-104	-203	40	787
Печи для плавления флоат-стекла 800 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	325600000	42042000	64800000	326	-130	-254	38	750
Печи для плавления флоат-стекла 700 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли и в 1.5 раза больше абсорбента	282000000	36192000	68760000	409	-104	-308	44	874

Методы и применения ([1]) ([2])	Совокупные инвестиции в руб.	Инвестиции в год руб.	Эксплуатация в руб./ год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V т пыли/ год	V т SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./ кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий: руб./ кг пыли
Тарное стекло 300 т/с с переработкой фильтрованной пыли	142800000	18600000	11100000	271	-25.6	-86.7	50	990
Тарное стекло 200 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	132000000	17280000	12060000	402	-18.7	-40	71	1428
ЭСС плюс сухой скруббер с $Ca(OH)_2$								
Печь для плавления столовой посуды 35 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	714000000	93900000	34200000	1002	-4.63	-4.8	132	2634
Печь для плавления столовой посуды 35 т/с с рециркуляцией всей фильтрованной пыли	701400000	93600000	26100000	939	-4.63	-4.8	123	2466
Печь для плавления столовой посуды 180 т/с со утилизацией всей фильтрованной пыли	117600000	15360000	14820000	460	-22.7	-56.2	59	585
ЭСС плюс сухой скруббер с $NaHCO_3$								
Печь для плавления флоат-стекла 700 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	283170000	36355200	82200000	465	-104	-414	474	954
Печь для плавления флоат-стекла 700 т/с с рециркуляцией всей фильтрованной пыли	273170000	36355200	30900000	263	-104	-414	29	589
([1]) т/с – тонн в сутки								

Методы и применения ([1]) ([2])	Совокупные инвестиции в руб.	Инвестиции в год руб.	Эксплуатация в руб./ год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V т пыли/ год	V т SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий: руб./кг пыли
([2]) Данные по выбросам, использованные в расчетах, следующие: • пыль: типичные значения между 10 и 20 мг/нм^3, с оптимизированными значениями между 5 и 10 мг/нм^3 • SO_2: характерная эффективность удаления с $Ca(OH)_2$ составляет между 25 и 33 %.								

Таблица 6.2: Оценка расходов к системам контроля загрязнения воздуха с пылеуловителями с рукавными фильтрами плюс скрубберами, примененными к топочным газам из стекловаренных печей

Методы и применения ([1]) ([2]) ([3])	Инвестиции в руб.	Инвестиции в год в руб.	Эксплуатация в руб./год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V тонн пыли / год	V тонн SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий, руб./кг пыли
Пылеуловитель с рукавными фильтрами плюс сухой скруббер								
Флоат-стекло производительность 600 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	160200000	20658000	55800000	419	-80	-159	43	865
Тарное стекло 200 т/с с переработкой фильтрованной пыли	72660000	9516000	10080000	277	-17.2	-19.9	54	1076
Тарное стекло 300 т/с с переработкой фильтрованной пыли	86130000	11304000	14040000	231	-20.3	-26.5	59	1174

Методы и применения ([1]) ([2]) ([3])	Инвестиции в руб.	Инвестиции в год в руб.	Эксплуатация в руб./год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V тонн пыли / год	V тонн SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий, руб./кг пыли
Тарное стекло 210 т/с с переработкой фильтрованной пыли (на газовом топливе)	117600000	15618000	11460000	353	-25	-29	51	1020
Тарное стекло 290 т/с с переработкой фильтрованной пыли (на газовом топливе)	111600000	14820000	14100000	273	-28.5	-33	48	960
Тарное стекло 200 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	72660000	9516000	13200000	312	-16	-19.1	60	1202
Тарное стекло 300 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	86130000	11304000	17880000	266	-20.5	-23.6	62	1247
Тарное стекло 210 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	117600000	15618000	16260000	416	-25	-29	60	1206
Тарное стекло 290 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	111600000	14280000	19560000	325	-28.5	-33	57	1140
Печь для плавления столовой посуды 30 т/с с переработкой фильтрованной пыли	46260000	5976000	3870000	771	-5.32	-3.25	89	1800
Печь для плавления столовой посуды 30 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	46260000	5976000	4632000	830	-5.32	-3.25	97	1932

Методы и применения ([1]) ([2]) ([3])	Инвестиции в руб.	Инвестиции в год в руб.	Эксплуатация в руб./год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V тонн пыли / год	V тонн SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий, руб./кг пыли
Печь для плавления столовой посуды 180 т/с с переработкой фильтрованной пыли	54000000	6900000	10440000	262	-8	-4.3	106	2130
Печь для плавления столовой посуды 200 т/с с переработкой фильтрованной пыли	54312000	7200000	9300000	235	-11.4	-6.1	70	1410
Печь для плавления столовой посуды с электроподогревом боросиликатного стекла 150 т/с	69000000	9240000	8460000	324	-68	нд	нд	нд
Печи для плавления боросиликатного стекла, кислородно-топливные 100 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	63440000	9600000	16860000	660	-34	-39	37	738
Пылеуловитель с рукавными фильтрами + полусухой скруббер								
Флоат-стекло 600 т/с без утилизации фильтрованной пыли, выбросы из выпускного клапана: 400 мг SO_X/нм^3	270000000	35160000	42025200	423	-68.3	-285	47	935
Флоат-стекло 800 т/с без утилизации фильтрованной пыли	440700000	57796200	56820000	349	-122	-508	39	778
Флоат-стекло 600 т/с с утилизацией	270000000	35160000	69900000	575	-69.4	-290	62	1252

Методы и применения ([1]) ([2]) ([3])	Инвестиции в руб.	Инвестиции в год в руб.	Эксплуатация в руб./год	Издержки производства конкретных изделий: руб./т расплавленное стекло	V тонн пыли / год	V тонн SO_X / год	Издержки производства конкретных изделий: руб./кг SO_2	Издержки производства конкретных изделий, руб./кг пыли
всей фильтрованной пыли								
Флоат-стекло 800 т/с с утилизацией всей фильтрованной пыли	440700000	57796200	106440000	500	-121	-508	56	1115
Печи для плавления тарного стекла 350 т/с без утилизации фильтрованной пыли	138270000	18024000	22620000	318	-23.2	-100.7	720	1441
Печи для плавления тарного стекла 350 т/с утилизацией всей фильтрованной пыли	138270000	18024000	32100000	392	-23.2	-100.7	89	1777

(1) Затраты на утилизацию фильтрованной пыли, согласно оценке, составляют 24 000 руб./т

([2]) т/с = тонн в сутки

([3]) Данные о выбросах, использованные для расчета:

- пыль: стандартные значения – между 10 и 20 мг/нм^3 для электростатического осадителя, при оптимизированных значениях между 5 и 10 мг/нм ^{3}
- Типичная эффективность удаления SO_2 с помощью $Ca(OH)_2$ составляет между 25 и 33 %.

Таблица 6.3: Сравнение методов удаления SO_X, HCl, HF и других газовых загрязнителей из отходящих газов стекловаренных печей

Система очистки скрубберами									
Тип скруббера	сухой					Полусухой			Мокрый
Абсорбирующий агент	$Ca(OH)_2$	$NaHCO_3$	Некальцинированная сода $Na_3H(CO_3)_2 2H_2O$	$Ca(OH)_2$	$NaHCO_3$	$Ca(OH)_2$ суспензия	Na_2CO_3 раствор	Na_2CO_3 раствор	$Ca(OH)_2$ суспензия
Тип фильтра	Пылеуловитель с рукавными фильтрами	Пылеуловитель с рукавными фильтрами	Электростатический осадитель (ЭСО)(1)	ЭСС (1)	ЭСС (1)	Пылеуловитель с рукавными фильтрами	Пылеуловитель с рукавными фильтрами	ЭСС (1)	
Применение в стекольной промышленности	Высокое	Очень низкое	Очень низкое	Очень высокое	Среднее	Низкое	Низкое	Низкое	низкое
Характерная температура ºС	140 – 180	140 – 180	300 – 350	300 – 400	250 – 350	160 – 180	180 – 200	250 – 400	60
Эффективность удаления SO_2 в % при стехиометрическом	10 - 25	75	75 – 90	30 – 40	>60	Не применимо	70 – 90		>90

Система очистки скрубберами									
Тип скруббера	сухой					Полусухой			Мокрый
соотношении =1									
Состав фильтрованной пыли ([2])	$CaSO_3$, $CaSO_4$, CaF_2, $CaCl_2$, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, Na_2SO_4	Na_2SO_4, NaCl	Na_2SO_4, NaCl	$CaSO_4$, $CaSO_3$, CaF_2, $Ca(OH)_2$	Na_2SO_4, NaCl	$CaSO_4$, $CaSO_3$, CaF_2, $Ca(OH)_2$	Na_2SO_4, Na_2SO_3, Na_2CO_3, NaCl	Na_2SO_4, Na_2SO_3, Na_2CO_3, NaCl	$CaSO_4$, $CaSO_3$, CaF_2
Преимущества	Простой процесс, только охлаждение топочного газа Обеспечивает пылеудаление и реакцию	Простой процесс, только охлаждение топочного газа Обеспечивает пылеудаление и реакцию	Простой процесс, только охлаждение топочного газа Обеспечивает пылеудаление и реакцию		Высокая абсорбция HCl и SO_X	Низкое потребление абсорбционного агента, низкие расходы на химические вещества и более низкие инвестиционные затраты по сравнению с мокрыми скрубберами		Низкая абсорбционная способность, с сухим, мелкодисперсным) измельченным в порошок карбонатом натрия Хорошая эффективность также может быть до-	Низкое потребление абсорбционного агента, низкие расходы на химические вещества

Система очистки скрубберами									
Тип скруббера	сухой					Полусухой			Мокрый
								стигнута	
Недостатки	Высокое потребление реагентов в случае, если требуется высокая эффективность удаления, генерирует большое количество фильтрованной пыли	Дорогостоящий реагент	Реагент трудно приобрести	Высокое потребление реагентов в случае, если требуется высокая эффективность удаления, генерирует большое количество фильтрованной пыли	Дорогостоящий реагент	Дорогостоящая распылительная сушилка, дорогостоящие материалы для пылеуловителей с рукавными фильтрами Более высокие инвестиции по сравнению с сухими скрубберами	Дорогостоящая распылительная сушилка, дорогостоящие материалы для пылеуловителей с рукавными фильтрами Более высокие инвестиции по сравнению с сухими скрубберами	Система требует большего техобслуживания по сравнению с сухими фильтрами	Повторный нагрев отходящих газов до дымовых труб, выпускается комплекс отработанной воды и сернокислого кальция (гипса) а также происходит загрязнение оборудования, высокие инвестиции
Важные параметры	Производительность улучшает температу-	Дозировка и гранулометрический анализ	Дозировка и гранулометрический анализ	Предпочтительны более высокие	Дозировка и гранулометрический	Дозирование известняка	Дозирование карбоната натрия	Дозирование карбоната натрия	Соприкосновение температуры жидко-

Система очистки скрубберами									
Тип скруббера	сухой					Полусухой			Мокрый
	ру, близкую к точке росы; Дозировка, Гранулометрический анализ $Ca(OH)_2$	натрия бикарбоната	троны <30 микрон; предпочтительным является смешивание в топочный газ	температуры (>350 °C) Гранулометрический анализ поверхностной зоны $Ca(OH)_2$	анализ карбоната натрия, добавление в топочный газ				сти и газа, основность суспензии
Стоимость тонны расплава стекла с переработкой фильтрованной пыли (руб./т)	150-180	210	210	180	240	Не известно	300-360	360-480	600-960
Стоимость тонны расплава стекла без переработки фильтрованной пыли (руб./т)	180-240	270	270	270	300	Не известно	420-600	480-660	720-1200

Система очистки скрубберами									
Тип скруббера	сухой					Полусухой			Мокрый
Возможное сочетание с удалением оксидов азота (NO_X)	Отсутствие возможности применения селективного каталитического восстановления без предварительного подогрева газа	Отсутствие возможности применения селективного каталитического восстановления без предварительного подогрева газа	Температура далее по технологической цепочке должна составлять >330 °C	Температура далее по технологической цепочке должна составлять >330 °C	Температура далее по технологической цепочке должна составлять >330 °C	Отсутствие возможности применения селективного каталитического восстановления без предварительного подогрева газа	Отсутствие возможности применения селективного каталитического восстановления без предварительного подогрева газа	Сочетание с ЭСС только если эксплуатируется при температуре свыше 350 – 360 °C	Отсутствие возможности применения селективного каталитического восстановления без предварительного подогрева газа, при температуре от 60 до 350 °C
([1]) Электростатический осадитель ([2]) Зависит от типа стекла, при производстве флинт-гласс $CaSeO_3$, $CaSeO_4$, Na_2SeO_3 и Na_2SeO_4, могут образовываться.									

7 Перспективные технологии

Новые технологии в стекольной промышленности фокусируют свое внимание на снижении высоких капиталовложений в стекловаренные печи (т.е., новые технологии плавления), на энергосбережении (т.е., устройства предварительного нагрева шихты и стеклянного боя, новые конструкции печей, инновационные горелки) и на улучшении рабочих характеристик защиты окружающей среды для производства (т.е., новые формулы продукта, восстановление отходов, снижение выбросов и повышение величин эффективности удаления основных загрязняющих веществ).

Улучшенные технологии горения находятся среди основных задач с целью снижения потребления энергии и, одновременно, минимизации выбросов NO_x с помощью первичных мер. Системы управления горением, разные типы горелок и новые конструкции печей всегда разрабатываются, и приводят к появлению значительных инноваций и разработок, даже если о них не сообщается в этом разделе в качестве новых технологий.

7.1. Система высокотемпературного горения Glas Flox®

Описание

Горелки системы Glas Flox® представляют собой перспективную технологию плавления стекла. Функциональный принцип на основе внутренней рециркуляции газов горения, которые всасываются в пламя с помощью низкого давления на выпускном отверстии горелки (из-за высоких скоростей впрыска газа при прохождении горелок). Рециркуляция газа охлаждает путь пламени, и снижает содержание кислорода в самой горячей части пламени. По сравнению со стандартными газовыми горелками горелки системы Glas Flox® работают на более высокой скорости горения, что приводит к улучшенному покрытию (распространению) пламенем по ванне расплавленного стекла, благодаря интенсивности реакции, а также расширенной зоне обжига. Эти характеристики приводит к лучшей передаче энергии в ванну стекла. Полное горение работает в инфракрасном диапазоне, и работает равномерно без значительной температуры и отклонений при передаче тепла.

Горелки системы Glas Flox® работают с пониженными температурами пламени около сопла горелки, что приводит в результате к уменьшению выбросов термальных оксидов NO_x.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Как сообщается, преимущества представляют собой снижение примерно на 50 % выбросов NO_x и более низкое удельное энергопотребление с последующим уменьшением выбросов CO_2.

Как сообщается, наилучшие полученные рабочие характеристики показали величину концентрации 484 мг/м^3 выбросов NO_x, по отношению к начальному уровню 1183 мг/м^3, если применялась обычная система горения.

Применимость

Горелки применимы только для рекуперативных печей.

Снижение выбросов NO_x вместе с более низким энергопотреблением по сравнению со стандартными горелками являются основными ведущими силами для применения горелок системы Glas Flox®.

7.2. Радиационные горелки

Беспламенные инфракрасные горелки с объёмной матрицей, так же называемые керамическими, пористыми, радиационными, беспламенными. Принципиальной особенностью является сжигание газовоздушной смеси в пористой матрице (или в тонком слое вблизи керамической пористой матрицы) и излучением тепла в виде инфракрасного излучения. Преимущества радиационной горелки в том, что она эффективнее нагревает не только внешние, но и внутренние слои стекла, обеспечивает лучшую гомогенность сложных типов стекла и тёмного стекла, более высокий КПД теплопередачи (экономия топлива), более точным пространственным позиционированием зоны нагрева, что служит стремлением применять такие горелки прежде всего для кондиционировния стекла. Кроме того, резко уменьшается концентрация токсичных газов при сгорании.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Преимущества радиационных горелок представляют собой снижение примерно на 50 % выбросов NO_x и более низкое удельное энергопотребление с последующим уменьшением выбросов CO_2. По данным радиационные горелки обеспечивают 70% снижение эксплуатационных затрат, снижение на 45% выбросов. И увеличивают на 50% производительность.

Применимость

Горелки применимы пока для каналов питателей, кондиционирования стекломассы, для ванн стекольных печей пока не разработаны.

Цель применения данных горелок увеличение эффективности теплопередачи и уменьшение выброса вредных веществ в атмосферу.

7.3. Устройства предварительного нагрева стеклянного боя и шихты

Ведутся значительные разработки особенно для случаев применения предварительного нагрева стеклянного боя и шихты для печей кислородно-топливного сжигания. В общем, конверсия традиционных печей в сторону кислородно-топливного горения приводит в результате к более высокой производительности в изготовлении стекла и более высокому качеству стекла, к более низким выбросам NO_x и твердых частиц, к более низкому энергопотреблению и снижению стоимости переоборудования. Действующие устройства предварительного нагрева стеклянного боя и шихты работают при температурах в диапазоне 500–600 °C; и, следовательно, топочные газы охлаждаются с помощью разбавляющего/свежего воздуха с последующим ростом объема.

Новые устройства предварительного нагрева стеклянного боя и шихты были спроектированы, чтобы работать с топочными газами, которые не охлаждаются или только слегка охлаждаютсяВ настоящее время существуют два проекта, которые разрабатываются разными командами:

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Сообщаемые (ожидаемые) преимущества представляют собой снижение выбросов на примерно 15–30 % (CO_2, NO_x и пылевидные вещества) по сравнению с печью кислородно-топливного сжигания без устройства предварительного нагрева. Снижение энер-

гопотребления оценивается примерно ± 1 ГДж на тонну расплавленного стекла по сравнению с печью кислородно-топливного сжигания без устройства предварительного нагрева.

Применимость

В принципе технология «ВСР» применима почти ко всем нормальным пропорциям стеклянного боя /шихты.

Как ожидается, применение технологии ВСР приводит в результате потенциальному энергосбережению (15–25 %), сниженному потреблению кислорода для горения и потенциал увеличению производительности (10–20 %). Период окупаемости оборудования оценивается как период между 1 и 3 годами.

Рекуперация энергии отходящих газов и последующее снижение энергопотреблении, используемые в производстве представляют собой основные движущие силы для внедрения устройства предварительного нагрева шихт и стеклянного боя. Значительное снижение прямых и непрямых выбросов будет дополнительной движущей силой для внедрения.

Проект «Зорг»

Представляет собой систему подогрева шихты и стеклобоя. Это не просто перечень оборудования, это система, затрагивающая всю технологическую цепочку, включая составной, загрузку, печь и процесс стекловарения Концепция включает:

-новый подогреватель шихты;

-новый загрузчик шихты;

-новую конструкцию загрузочного кармана.

Через 24 часа после начала подогрева шихты ввод в эксплуатацию был завершен, постоянная температура подогретой шихты составила 270°С, что было достигнуто без каких-либо проблем на производстве. Площадь поверхности загрузочного кармана увеличена, в результате этого обеспечивается более продолжительное время нахождения

куч шихты в этой области. Открытое пространство загрузочного кармана в верхнем строении сделано больше (для обеспечения лучшего прогрева излучением, поступающим в относительно прохладный загрузочный карман из гораздо более горячей печи).

Герметизированный карман обеспечивал отсутствие пыли снаружи и, что, возможно, еще важнее, предотвращал неконтролируемый поток воздуха в печь через карман. Опробование системы проходило при соотношении стеклобой/шихта 85/15, однако последующие эксперименты показали, что новая система может успешно работать на шихте без добавления стеклобоя при уровне влагосодержания 3% без образования комков.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Получено снижение выбросов NOx на 10 %.

Технология применима практически на любом стекольном заводе даже без полной реконструкции предприятия. Однако её реализация не так проста, как кажется. Недооценка сырьевых и технологических особенностей, а они есть почти везде, может помешать достижению заявленных результатов.

Достигается снижение удельного расхода энергии на печи 10-14 %, кроме того значительно увеличивается качество (гомогенность) стекломассы. Следовательно, снижается количество брака.

Достигается экономия энергии, улучшение провара, увеличение съема и уменьшение выбросов NOx.

7.4. Новые составы стекол

Существует ряд интересных разработок, касающихся составов стекол и шихты, которые будут суммированы ниже.

Новый состав стекла для непрерывной нити для стекловолокна

Новый состав стекла для непрерывной стеклонити был разработан одним производителем. Этот состав стекла ориентирован на два основных компонента выбросов в воздух твердых частиц и фторидов. Формула шихты не включает в себя бор или добавленный фтор. Удаление бора и добавленного фтора обеспечивает этому составу возможность быть более трудным для плавления (более высокая температура плавления) и образования волокна, что приводит к некоторому росту потребности в энергии. Новая формула применена в промышленном оборудовании, и описательные данные выбросов доступны в разделе 3.5. Эта формула была разработана одной компанией, и закрыта патентами, поэтому она, таким образом, в общем, недоступна в отрасли.

Новая формула связующего вещества для продуктов минерального волокна

Производители минерального (стеклянного) волокна непрерывно улучшают свойства своих продуктов, чтобы снизить влияние на окружающую среду и повысить рабочие характеристики продукта.

Некоторые производители выполняют значительные исследования и разработки, чтобы внедрить новые связующие вещества, которые частично или полностью будут заменять фенол - формальдегидные связующие вещества, которые обычно применяются этой промышленности уже много лет. Было опубликовано и/или передано несколько патентов.

Новые формулы основаны на одном из следующих факторов:

- Фенол – формальдегидные смолы со значительно более низким содержанием формальдегида, или

- Другие типы смол на основе источников от производства или акриловых смол, которые не содержат фенол – формальдегида в качестве ингредиентов.

Некоторые их этих связующих вещества были внедрены, и доступны на рынке. В других случаях влияние новых растворов пришлось сделать доступным, чтобы подтвердить их пригодность с точки зрения изготовления, характеристик продукта и со стороны воздействия на окружающую среду.

7.5. Включение отходов в процесс производства каменного волокна

Описание

Количество отходов, производимых оборудованием по производству каменного волокна в России, оценивается в величину между 16 000 и 48 000 т в год. Отходы исходят в основном от процесса волокнообразования, где примерно 10–20 % расплава полностью не переходит в волокно и идет в брак. Линия каменного волокна с ежегодным производством 20 000 т/год создает между 2 000 и 4 000 т в год отходов процесса волокнообразования.

В настоящее время брикетирование – это единственная применимая система, чтобы повторно использовать отходы в процессе плавления. Эта система требует размельчения отходов и их смешивания с цементом. Использование брикетов связано с ростом атмосферных выбросов, состоящих в основном из оксида серы из-за содержания серы в цементе.

Технология включения отходов состоит из линии подачи тонких фракций материала прямо в зону плавления во вращающуюся печь каменного волокна. Впрыснутый материал представляет собой отходы производства.

Отходы (впрыснутые порции) от процесса волокнообразования, с размером 0–6 мм, подаются в бункер и герметичный резервуар устройства подачи. В нижней части резервуара есть вращающееся устройство для подачи, которое подает небольшие дозы материала в три питающие трубы с действием от пневматики. Фурмы, подключенные к вращающейся печи, близко к дутьевой фурме, расположены на конце этих труб. Материал движется по фурме, где подается кислород в зону плавления во вращающейся печи. Этот механизм подвергается чрезвычайно тяжелым рабочим условиям. Температура в зоне плавления составляет выше 1700 °C; одновременно подаваемые материалы являются твердыми и абразивными, что оказывает значительное напряжение на материалы механической конструкции.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

С этой технологией можно выполнять переработку/возвращение в цикл до 80-100 % отходов от процесса волокнообразования; это соответствует снижению на 7 % минеральных сырьевых материалов в составе шихты. Система также спроектирована так,

чтобы работать с другими типами тонких фракций сырьевых материалов и твердыми видами топлива, такие как минеральные сырьевые материалы и кокс.

Применение впрыска отходов приводит в результате к снижению количества отходов, идущих на помойку, снижению потребления кокса для процесса плавления и соответственно меньшему количеству выбросов. Выбросы оксидов серы снижаются по сравнению с процессом переработки отходов с помощью цементных брикетов, т.к., здесь нет добавления серы в формулу шихты.

Технология впрыска отходов применима в промышленности по производству каменного волокна, где используются вращающейся печи. В настоящее время применяются две производственные линии для дальнейших разработок.

Капиталовложения для впрыска отходов составляют только примерно 20 % от стоимости оборудования по изготовлению брикетов, включая необходимые здания.

Минимизация потока отходов вместе со снижением выбросов SO_x, связанные с этой технологией вторичного использования отходов (брикетирование с помощью цемента) представляют собой основную побудительную причину для внедрения впрыска отходов в производство каменного волокна.

7.6. Технология плавления с погруженным горением

Описание

Плавление с погруженным горением основано на подходе с сегментированным плавлением, при котором используется несколько стадий, чтобы оптимизировать плавление, гомогенизацию, осветление (рафинирование) и рекуперацию тепла.

Как ожидается, этот подход должен снизить среднюю продолжительность времени плавления стекла >80 % по сравнению с одним большим резервуаром плавления с последующим уменьшением стоимости энергии и падением выбросов. Плавление с погруженным горением состоит из небольшого резервуара, в котором топливо и оксидан-

ты горят прямо в ванной для плавления. Газы горения пузырятся, и протекают сквозь стекольную ванну, создавая высокую скорость теплопередачи и турбулентное смешивание (и перенос). Большой сдвиг от вынужденной конвекции обеспечивает быстрое распределение частиц (песка, сырьевых материалов, содержащих глинозем) и температурную однородность. Расплавленный материал с однородным составом, но с комочками и пузырьками, сливается из крана около нижней части ванны.

Обработка и загрузка шихты является более гибким процессом для плавильной печи с погруженным горением, чем для обычных печей. Система подачи может быть очень простой и недорогой, потому что плавильная печь может принимать более широкий диапазон размеров фракций размером до 1см и крупнее без необходимости полного смешивания сырьевых материалов. Эта характеристика дает возможность более широкого выбора сырьевых материалов и снижение работ по работе с печью, а также капиталовложений.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Общее энергосбережение примерно на 5 % лучше, чем для самых лучших кислородно-газовых печей, так как меньше потери тепла через стенки печи. Рекуперация тепла в 20 % от потерь тепла через стенки дает возможность общего энергосбережения примерно на 7.5 %.

Ожидается, снижение выбросов NO_x, из-за охлаждения языков пламени в расплаве.

Эксплуатационные данные

Коммерческие плавильные печи с погруженным горением 75 т/сутки находятся в эксплуатации на Украине и в Беларуси, и служат для производства минерального (стеклянного) волокна. Они работают с менее чем 10 % избыточного воздуха, и производят менее 350 мг/м^3 выбросов NO_x, и соответственно 8 % O_2.

Для расширения применения технологии плавления с погруженным горением (SCM), надо преодолеть некоторые ограничения, которые потребуют несколько улучшений для действующих плавильных печей. Первый шаг заключается в том, чтобы переключить горение с воздуха на кислород, чтобы снизить образование пузырей в рас-

плаве, во время улучшения теплопередачи и снижения выбросов; это может привести в результате к 80 % снижению объема газа проходящего сквозь расплав.

В настоящее время применимость плавления в плавильных печах с погруженным горением ограничена производством минерального (стеклянного) волокна. Работы по разработки и испытаниям продолжаются, и должны дать возможность применения этой технологии для широкого диапазона стекольных составов и цветов

Технология плавления с погруженным горением (SCM) должна обеспечить минимум 5 % энергосбережения по сравнению с обычным плавлением. Ожидается экономия на капиталовложениях и в объеме работ по работе с шихтой.

Более низкие капиталовложения, увеличившаяся гибкость выбора сырьевых материалов, энергосбережение и более низкие выбросы, особенно выбросы NO_x, представляют собой побудительную силу для полной разработки и применения технологии плавления с погруженным горением.

7.7. Обработка отходящих газов с помощью сухой двууглекислой соды и химическая валоризация отходов обработки газа.

Описание

Технология применяется для десульфуризации отходящих газов от стекловаренной печи. Двууглекислая сода показывает высокую эффективность удаления выбросов SO_x; с последующим производством твердых отходов, приводящим в результате к химической реакции между кислотными газами и двууглекислой содой. Твердый остаток, в основном, выделяется из отходящих газов с помощью систем фильтрации (электростатический осадитель или рукавные фильтры). Основными компонентами отходов являются сульфат натрия и кальцинированная сода (непрошедшие реакцию со щелочным реагентом). Во многих случаях твердые отходы можно переработать, и вернуть в работу в стекловаренную печь, частично замещая осветлительный реагент (в основном, сульфат

натрия), используемый для рецепта шихты; однако, в некоторых случаях отходы нельзя обработать повторно путем подачи прямо в печь.

Основными ограничениями для повторного использования пыли фильтров являются следующие:

1. Твердые отходы очень тонкие и имеют тенденцию легко выполнять перенос или становиться летучими (например, NaCl) из печи с последующей модификацией химического состава расплавленного стекла и высокой концентрацией NaCl, попадающей в регенерационную печь;

2. Химический состав твердых отходов может значительно варьироваться при разных рабочих условиях печи, приводя в результате к затруднениям с управлением химическим составом стекла, и негативно влияя на качество готовых продуктов.

Чтобы не допустить потока отходов от пыли, которую надо отправить в утилизацию, выполняется обработка (очистка) отходов на специальном оборудовании, в основном расположенном около оборудования по производству поташа.

Обработка состоит в растворении твердых отходов в растворе, который содержит хлорид кальция ($CaCl_2$) (этот раствор доступен на предприятиях по производству поташа).

Химическая реакция выглядит следующим образом:

$$CaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2NaCl$$

Образующийся шлам фильтруется, чтобы отделить твердый сульфат кальция ($CaSO_4$). Раствор хлорида натрия (NaCl) обрабатывается, чтобы отделить оставшиеся кальций и ионы. Оба продукта реакции можно использовать повторно.

Сульфат кальция можно использовать в изготовлении цемента, замещая другие покупаемые материалы, которые нужны для шихты. Раствор хлорида натрия можно использовать в качестве сырьевого материала в производстве поташа.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Сухая газоочистка двууглекислой соды дает высокие величины эффективности удаления выбросов SO_x. Возможность обрабатывать и повторно использовать твердые отходы с помощью системы газоочистки представляют собой хорошую альтернативу прямому вторичному использованию отходов отфильтрованной пыли и подачи ее в пла-

вильную печь для производства стекла, без ухудшения качества стекла или контроля процесса производства. Более того, можно не допустить значительного потока отходов из-за возможной валоризации и повторного использования получаемых продуктов.

Необходимо транспортировать твердые отходы от стекольного оборудования на производство, где выполняется обработка. Для процесса обработки нужны энергия и вода.

Сухая газоочистка с двууглекислой содой для десульфуризации отходящих газов, и дальнейшая очистка, приводящая в результате к твердым отходам, применима к стекольному производству, где вторичное использование отходов от отфильтрованной пыли невозможно, из-за требований по качеству к готовым продуктам из стекла или трудностей в управлении производственным процессом.

Эта технология проходит испытания на допромышленном уровне, и эти испытания указывают, что она экономически жизнеспособна.

Невозможность вторичного использования твердых отходов от оборудования десульфуризации отходящих газов внутренним способом должно представлять собой основной побудительный мотив для внедрения.

7.8. Применение керамических и каталитических керамических фильтров для удаления многочисленных загрязняющих веществ от обработки отходящих газов

Описание

Топочные газы от стекловаренных печей представляют собой повышенные температуры, зависящие от уровня рекуперации тепла, и выполняют смешивание твердых и газообразных загрязняющих веществ (в основном NO_x и SO_x). В настоящее время ряд опробованных технологий применяется для удаления этих загрязняющих веществ, либо по отдельности, либо в комбинации.

Применение высокотемпературных систем фильтрации в стекольной промышленности случается редко Новый тип керамического фильтра, который может работать при высокой температуре, был разработан с обнадеживающими результатами.

Использование элементов (с малой плотностью) керамического фильтра представляет собой новую технологию обработки отходящих газов от плавильных печей стекла. Керамические фильтры весьма эффективны для отделения пыли, и хорошо работают в комбинации со стадией сухой газоочистки, служащей для удаления кислотных газов. Более того, указанный огнеупорный характер фильтрующей среды и благоприятная температура фильтрования, каталитическое восстановление выбросов NO_x делают возможным применить вместе с этой технологией каталитические керамические фильтры, если катализатор встроен в элементы такого керамического фильтра. Таким образом, основные загрязняющие вещества, отходящие от стекольных печей можно обрабатывать на одном блоке оборудования.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Обзор рабочих характеристик для защиты окружающей среды с точки зрения каталитического керамического фильтра, которые были замечены в разных типах, представлен в Таблице 7.1.

Таблица 7.1: Обзор рабочих характеристик для защиты окружающей среды с точки зрения оборудования с каталитическим керамическим фильтром

Применение	Масштаб	Площадь фильтра ($м^2$)	Температура (°C)	Вещество	На впускном патрубке	На выпуске
Сжигание (мусоросжигание)	Полностью	112	180	NO_x	1 – 2 $нг/м^3$	<0.01 $нг/м^3$
Сжигание (мусоросжигание)	Пилотный проект	56	280	Диоксин	450 $мг/м^3$	48 $мг/м^3$
Сжигание (мусоросжигание)	Пилотный проект	51	280	NO_x	75 $нг/м^3$	0.55 $нг/м^3$
Стекло	Пилотный проект	56	220 – 260	Диоксин	1200 $мг/м^3$	250$мг/м^3$

Керамические фильтры гарантировано снижают выбросы твердых частиц до <10 мг/м^3. На практике керамические фильтры для утилизации обеспечивают концентрации <2 мг/м^3, если правильно работают.

Были сообщения о величинах эффективности удаления >90 % для HCl, >80 % для SO_x и примерно 80 % для NO_x.

Межсредовые последствия

По сравнению с матерчатыми рукавными фильтрами керамические фильтры дают дополнительный вес, который необходимо учитывать во время инженерной подготовки оборудования. Материалы, используемые для создания структуры фильтра, должны быть подходящими для работы при повышенной температуре. Как и в случае с другими системами каталитического восстановления для выбросов NO_x, эти каталитические керамические фильтры потребуют впрыска аммиака, или если температура достаточно высока, то мочевины. Хранение и погрузка аммиака или мочевины могут представлять собой источник непредусмотренных выбросов газа в атмосферу, и к ним надо применять специальное законодательство.

Применимость

Элементы керамического фильтра представлены на рынке с середины 1980-х годов, и доступны в своем монолитном исполнении с 1991 года. В течение указанного периода времени они были применены для ряда работ, где было необходимо эффективная фильтрация при высоких температурах.

Еще один случай применения керамических фильтров имел место быть несколько лет назад на конвекционной боросиликатной стекольной печи в Соединенном Королевстве; оборудование уже выведено из эксплуатации.

Элементы керамического фильтра должны работать при температуре до 900 °C, в то время как каталитические керамические фильтры имеют характеристики для работы при температуре до 400 °C, выше которой эффективность катализатор может снижаться. На практике большинство систем на основе элементов керамического фильтра работают при температурах до примерно 450 °C, что составляет максимальную температуру для оборудования из углеродистой стали.

Существует ряд соображений относительно эффективной газоочистки кислотных газов (SO_2, HCl, HF), включая выбор абсорбирующего реагента, стехиометрическое соотношение, температуру и имеющееся время для реакции.

Двууглекислая сода представляет собой предпочтительный сорбент для использования с элементами керамического фильтра. Абсорбенты на основе извести могут быть применены, в случаях, если условия рассматриваются как более хорошие, чем для двууглекислой соды, например для газоочистки типа HF (высокочастотная газоочистка).

Для снижения NO_x катализатор, встроенный в элементы каталитического керамического фильтра формулируется так, чтобы работать с реагентами в виде, либо с аммиаком, либо с мочевиной.

Элементы керамического фильтра предлагают потенциал для поэтапного внедрения оборудования очистки загрязнений. На первом этапе можно смонтировать фильтр на основе стандартных элементов фильтрования для очистки от твердых частиц и удаления кислотных газов (с абсорбеном), с поддержанием достаточной температуры для будущей работы с NO_x.

На втором этапе элементы фильтра могут быть заменены на каталитические элементы керамического фильтра для снижения NO_x, или можно смонтировать систему избирательного каталитического восстановления. Наиболее подходящий выбор можно сделать на основе экономических и технических соображений. Это поэтапное внедрение не допустит ненужные и необоснованные затраты.

Первоначальные капиталовложения на систему на основе каталитического керамического фильтра могут быть значительно более низкими по сравнению с традиционными альтернативами. Во время пересчета ежегодных эксплуатационных расходов, следует рассмотреть затраты на энергию, абсорбент, замену среды фильтрования, оплату рабочих и другие факторы. Расчет затрат предполагает, что стоимость владения во время срока службы системы каталитического керамического фильтра будет благоприятной по сравнению с другими технологиями.

Возможность удалять смесь загрязняющих веществ с помощью одной системы может быть особенно привлекательной, если ограничена площадь для оборудования.

7.9. Электростатический осадитель типа NASU для наночастиц

Описание

В стекольной промышленности технологии, применяемые для удаления пыли из отходящих газов от плавильной печи, в общем, представляют собой электростатический осадитель (ESP) и рукавный фильтр. Эти технологии показывают хорошие величины эффективности по удалению больших и тонких частиц даже с диаметрами <2 мкм. Однако, тонкие частицы (<2 мкм), ультратонкие частицы (<1 мкм) и наночастицы (<0.1 мкм) представляют собой более трудный фактор для удаления. Аэродинамическое и электростатическое поведение частиц с диаметром примерно 0.01 мкм является полностью отличным от частиц 2 мкм и более крупного диаметра. Частицы меньше, чем 0.1 мкм обладают высокой мобильностью и более низкими величинами заряда, и потребуют плотного матерчатого фильтра для удаления с последующим высоким перепадом давления в линии (в трубопроводе) отходящих газов. С традиционными электростатическими осадителями перепад давления не будет проблемой, но используемый блок будет крупнее и относительно дороже, из-за необходимости использовать несколько зон для заряжания (многопольная система), чтобы зарядить тонкие частицы для эффективного удаления (заряжание секции).

Электростатический осадитель для наночастиц основан на другой технологии для заряжания частиц (диффузионное заряжание), которое показывает улучшенную эффективность с тонкими частицами.

Система состоит из двухступенчатого устройства, которое использует «зарядку со звуковой струей» внутри, которой ионы производятся и выдуваются в пыль отходящих газов с помощью потока воздуха со скоростью звука.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Типовая эффективность удаления, состоящая из одного модульного фильтра, составляет величину между 80–90 % от общей нагрузки массы частиц. Если используются многократные поля (два или более блока модульных фильтров, подключенных последовательно), можно получить теоретическую эффективность удаления до 95 %. Указанные

величины эффективности относятся к удалению твердых частиц со средним размером частицы меньше 2 мкм.

Эксплуатационные данные

Система электростатического осадителя, смонтированная на оборудовании для производства стекла для бытовых нужд работает при примерной средней скорости потока пыли 5.5 м/с. Для устройства зарядки звуковой струи не требуется очистки; она представляет собой постоянную величину напряжения короны, и свойства отходящих газов не влияют на ток. У устройства очень маленький размер и оно недорогое.

Применимость

Систему электростатического осадителя можно использовать для фильтрации тонких частиц в разных случаях применения, включая стекольные плавильные печи и системы нанесения покрытия на стекло.

Модульность системы даёт возможность собрать вместе набор стандартных модулей, чтобы соответствовать скорости потока в осадителях разного размера. Эта характеристика делает систему электростатического осадителя весьма эффективной по стоимости. У этой системы низкие эксплуатационные расходы и затраты на монтаж, а также минимальное техобслуживание.

Необходимость эффективно удалить ультратонкие частицы из выбросов является главной побудительной причиной для ее внедрения, вместе с возможностью монтировать несколько модульных блоков (10–12 или больше) в зависимости от потребностей и объема отходящих газов.

7.10. Скруббер с заряженным облаком

Описание

Технология скруббера с заряженным облаком состоит из системы, где удаляются, как твердые частицы, так и газообразные загрязняющие вещества с помощью пропуска

отходящих газов через камеру, содержащую тщательно созданное «заряженное, очищающее облако» высокой плотности, заряженное водяными каплями.

Внутри системы с камерой и облаком миллионы капель быстро взаимодействуют с частицами в ходе обработки отходящих газов. Если частица и капля проходят в пределах 20 мкм, электрические силы вызывают взаимное притяжение, и частица втягивается в каплю.

Захваченные частицы собираются в поддоне, и откладываются на дне камеры, откуда их удаляют в виде малообъемного шлама. Относительно чистая вода из верхней части поддона проходит обработку и используется снова на заряжающей сетке, где она получает повторный заряд и снова поступает в систему.

Система скруббера с заряженным облаком может удалять растворимые газообразные загрязняющие вещества (т.е., SO_2, HCl, HF, NH_3) в дополнение к тонким и ультратонким частицам.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Указанные преимущества защиты окружающей среды, отмеченные на пилотных испытаниях для отходящих газов от стекольной печи с кислородно-топливным сжиганием, требуют высокой величины эффективности газоочистки, как для твердых частиц, так и для SO_x (соответственно с 410 мг/м^3 до 23 мг/м^3 и от 770 мг/м^3 до 1 мг/м^3; данные указаны с пометкой - замеренные).

Эксплуатационные данные

Электропотребление для электростатического заряжания капель оценивается как значительно более низкое по сравнению с системами электростатических осадителей.

Перепад давления в системе скруббера с заряженным облаком очень низкий, и создается в основном из-за туманоуловителя и подключенной сети трубопроводов. Как сообщается, технология относительно не поддается влиянию изменений в отношении заряда частиц и других связанных нагрузок.

Система потенциально применима для отходящих газов от всех типов стекольных печей; однако, это необходимо подтвердить.

Система скруббера с заряженным облаком потенциально заметно снижает требования по площади, в которых необходима газоочистка тонкой пыли и кислотных газов.

7.11. Лазерная резка листового стекла

Описание

Лазерная резка, точнее термораскалывание листового стекла известна достаточно давно. В производстве стекол для дисплеев смартфонов эта технология уже давно базовая. Однако, впервые опробованная на линии производства листового флоат-стекла, пока применяется только в Саратовском институте стекла на флоат-линии, причём только для продольной обрезки бортов. Недавно там начались работы по внедрению и поперечной резки ленты стекла, которые планируется закончить в этом году.

Эксплуатационные данные

Все известные виды термораскалывания основываются на углекислом лазере, который нагревает стекло, и струйкой охлаждающей жидкости раскалывает его. Конечно, это удорожает стандартный мост резки ленты стекла, Эксплуатационные расходы незначительно увеличиваются, по сравнению со стандартным методом резки. Добавляются расходы на периодическую покупку баллона с газом и охлаждающую жидкость. В общем, это навесное оборудование на штатный мост резки, который дублируется обычными режущими роликами.

Применимость

Это оборудование применимо не только на собственно производстве листового стекла, как флоат, так и прокатного и любого другого стекла, но, может быть, применимо гораздо шире - в промышленной переработке листового стекла.

Причин для внедрения несколько, но все они являются следствием уменьшения трещин при резке стекла, В результате чего значительно возрастает прочность листа стекла. Соответственно снижается количество брака как на линии, так и при транспортировке стекла, а также при переработке стекла. Особенно эффективно применение это-

го принципа резки для конечного готового листа стекла по заданным покупателем размерам. Во многих случаях, тогда не требуется даже термоупрочнение стекла, а это значительная экономия в конечном изделии. В этом и состоит главная ценность метода. Кроме того, снижается количество стеклянных крошек, образующихся при резке.

7.12. Печи отжига на основе инфракрасного излучения

Описание

В подавляющем большинстве современные печи отжига как для стеклотарных заводов, заводов листового стекла сочетают конвективный и радиационный, то есть инфракрасный нагрев стекла, в результате сжигания углеводородного топлива, газа, например. При этом уже много лет как были разработаны печи отжига, действующие без применения газовых или иных горелок. Такие печи прошли промышленное испытание в Рославле ещё в советское время, причём для толстостенной сортовой посуды, с резко неравномерной толщиной стенок, что, как известно, довольно сложно отжигать. Излучательным элементом в инфракрасных печах являются мощные лампы, испускающие инфракрасное излучение определённой длины.

Полученные преимущества для защиты окружающей среды

Любое применение электронагрева по сравнению с сжигающими углеводородное топливо устройствами, всегда экологичнее, так как при этом не происходит образование вредной смеси дымовых газов. Естественно, это же относится и к замене газовых печей отжига на инфракрасные.

Эксплуатационные данные

Потребление энергии в ценовом отношении примерно соответствует обычным газовым печам отжига даже при существующем соотношении стоимости газа и электроэнергии. Но конструктивно инфракрасные печи короче, проще, в них можно гораздо более точно регулировать мощность, время, локализацию нагрева, стекло практически одновременно прогревается на всю глубину, в результате повышается качество отжига.

Применимость

Для бесцветных стекол ограничений по применению, как в производстве листового, так тарного стекла, нет. Для тёмных стекол вопрос сложнее, в зависимости от применяемых красителей применимость может меняться.

Основным стимулом внедрения служит высокое качество и скорость отжига, что предполагает перспективность для производств с повышенными требованиями к качеству стекольной продукции.

Приложения

Приложение А. Виды продукции, включенные в данный справочник

Номенклатура продукции, включенной в область деятельности данного справочника, приведена в таблице А1.

Таблица А1. Номенклатура продукции

Код ОКПД2	Наименование продукции
23.11.12	Стекло листовое бесцветное Стекло листовое, окрашенное в массе
23.13.11	Тара стеклянная (бутылки, банки, флаконы)
23.13.12	Посуда стеклянная, предназначенная для питья (стаканы, бокалы, чашки и т.п.)
23.13.13	Посуда (кроме 23.13.12) и декоративные изделия из стекла
23.14.11	Стекловолокно (нити, ровинги)
23.99.19.110	Минеральная вата (стеклянная, каменная, шлаковая)
23.19.21	Колбы и трубки для ламп Стекло для электронно-лучевых трубок
23.19.23	Посуда лабораторная стеклянная
23.19.24	Стекло для светотехнических изделий
23.19.26	Стекло кварцевое, оптическое, для электронной промышленности
20.13.62.130	Силикаты натрия и калия растворимые
20.30.21.150	Фритты

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»;

3. Приказ министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.03.2015 № 665 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии»;

4. ГОСТ 4.350–93 Система показателей качества продукции. Машины и оборудование для стекольной промышленности. Номенклатура показателей;

5. ГОСТ 12.2.015–93 Машины и оборудование для стекольной промышленности. Общие требования безопасности;

6. ГОСТ 111–2014 Стекло листовое бесцветное. Технические условия;

7. ГОСТ 1224–71 Стекло термометрическое. Марки;

8. ГОСТ 1232–93 Изоляторы линейные штыревые фарфоровые и стеклянные на напряжение 1– 35 кВ. Общие технические условия;

9. ГОСТ 1663–81 Стекла для указателей уровня жидкости. Технические условия;

10. ГОСТ 3514–94 Стекло оптическое бесцветное. Технические условия;

11. ГОСТ 3910–75 Изделия огнеупорные динасовые для кладки стекловаренных печей. Технические условия;

12. ГОСТ 5635–80 Рассеиватели стеклянные для автотракторных, мотоциклетных и велосипедных осветительных и светосигнальных приборов. Технические условия;

13. ГОСТ 5717.1–2014 Тара стеклянная для консервированной пищевой продукции. Общие технические условия;

14. ГОСТ 7151–74 Изделия огнеупорные алюмосиликатные блочные для стекловаренных печей. Технические условия;

15. ГОСТ 8325–93 Стекловолокно. Нити крученые комплексные. Технические условия;

16. ГОСТ 8778-81 Заготовки очковых линз. Технические условия;

17. ГОСТ 9411–91 Стекло оптическое цветное. Технические условия;

18. ГОСТ 9541–75 Пластины стеклянные для защиты от рентгеновского излучения. Технические условия;

19. ГОСТ 10036–75 Рассеиватели, защитные и декоративные стекла из силикатного стекла для светильников. Общие технические условия;

20. ГОСТ 10499–95 Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна. Технические условия;

21. ГОСТ 10727–91 Нити стеклянные однонаправленные. Технические условия;

22. ГОСТ 10782–85 Бутылки стеклянные для крови, трансфузионных и инфузионных препаратов. Технические условия;

23. ГОСТ 13078–81 Стекло натриевое жидкое. Технические условия;

24. ГОСТ 13079–93 Силикат натрия растворимый. Технические условия;

25. ГОСТ 13240–78 Заготовки из оптического стекла. Технические условия;

26. ГОСТ 13451–77 Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для стекольной промышленности. Технические условия;

27. ГОСТ 13659–78 Стекло оптическое бесцветное. Физико-химические характеристики. Основные параметры;

28. ГОСТ 15130–86 Стекло кварцевое оптическое. Общие технические условия;

29. ГОСТ 15177–70 Трубы из прозрачного кварцевого стекла для источников света и электровакуумных приборов;

30. ГОСТ 15844–2014 Упаковка стеклянная для молока и молочных продуктов. Общие технические условия;

31. ГОСТ 16287–77 Электроды стеклянные промышленные для определения активности ионов водорода ГСП. Технические условия;

32. ГОСТ 16548–80 Стекло кварцевое и изделия из него. Термины и определения;

33. ГОСТ 17139–2000 Стекловолокно. Ровинги. Технические условия;

34. ГОСТ 18328–73 Изоляторы стеклянные линейные подвесные и штыревые. Требования к качеству стекла и поверхности изоляционных деталей;

35. ГОСТ 19808–86 Стекло медицинское. Марки;

36. ГОСТ 19908–90 Тигли, чаши, стаканы, колбы, воронки, пробирки и наконечники из прозрачного кварцевого стекла. Общие технические условия;

37. ГОСТ 21400–75 Стекло химико-лабораторное. Технические требования. Методы испытаний;

38. ГОСТ 22551–77 Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Технические условия;

39. ГОСТ 23671–79 Известняк кусковой для стекольной промышленности. Технические условия;

40. ГОСТ 23672–79 Доломит для стекольной промышленности. Технические условия;

41. ГОСТ 23932–90 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Общие технические условия;

42. ГОСТ 24315–80 Посуда и декоративные изделия из стекла. Термины и определения видов стекол, способов выработки и декорирования;

43. ГОСТ 27706–88 Печи ванные для изготовления тянутого листового стекла. Расчет показателей энергопотребления;

44. ГОСТ 28316–89 Печи ванные регенеративные для варки тарного стекла. Показатели энергопотребления

45. ГОСТ 30005–93 Тара стеклянная. Термины и определения дефектов;

46. ГОСТ 30407–96 Посуда и декоративные изделия из стекла. Общие технические условия;

47. ГОСТ 30808–2002 Линзы очковые. Общие технические условия;

48. ГОСТ 30288–95 Тара стеклянная. Общие положения по безопасности, маркировке и ресурсосбережению;

49. ГОСТ 32130–2013 Банки стеклянные для пищевых продуктов рыбной промышленности. Технические условия;

50. ГОСТ 32131–2013 Бутылки стеклянные для алкогольной и безалкогольной пищевой продукции. Общие технические условия;

51. ГОСТ 32361–2013 Стекло и изделия из него. Пороки. Термины и определения;

52. ГОСТ 32539–2013 Стекло и изделия из него. Термины и определения;

53. ГОСТ 32650–2014 (ISO 2078:1993) Стекловолокно. Нити. Типы и марки;

54. ГОСТ 32671–2014 Тара стеклянная для продуктов детского питания. Общие технические условия;

55. ГОСТ 32997–2014 Стекло листовое, окрашенное в массе. Общие технические условия;

56. ГОСТ 33004–2014 Стекло и изделия из него. Характеристики. Термины и определения;

57. ГОСТ 33204-2014 Упаковка стеклянная. Дефекты стекла и изделий из него. Термины и определения. Дефекты стекла;

58. ГОСТ 33205-2014 Упаковка стеклянная. Бутылки декорированные для алкогольной и безалкогольной пищевой продукции. Общие технические условия;

59. Правила технической эксплуатации стеклотарных заводов. Минстрой материалов СССР, М., 1977 г.;

60. «Рекомендации по технологическому регламенту процесса производства листового стекла способом термического формования на расплаве металла» ГИС. ВНИИТЕХСТРОЙСТЕКЛО, М., 1986 г., 450 с.;

61. ТТР 21-23-03-88 «Типовой технологический регламент процесса изготовления силиката натрия растворимого», М., ГИС, 1988 г., 31 с.;

62. ТТР 21-23-11-87 «Типовой технологический регламент производства изделий из светотехнического стекла», М., ГИС, 1987 г., 72 с.;

63. ГОСТ Р 50049–92 (ИСО 6355-88) Стекловолокно. Термины и определения;

64. ГОСТ Р 51477–99 Тара стеклянная для химических реактивов и особо чистых веществ. Технические условия;

65. ГОСТ Р 51640–2000 Тара стеклянная для товаров бытовой химии. Технические условия;

66. ГОСТ Р 51781–2001 Тара стеклянная для парфюмерно-косметической продукции. Общие технические условия;

67. ГОСТ Р 51969–2002 Посуда хозяйственная из специального бытового стекла. Общие технические условия;

68. ГОСТ Р 52022–2003 Тара стеклянная для пищевой и парфюмерно-косметической продукции. Марки стекла;

69. ГОСТ Р 52233–2004 Тара стеклянная. Стеклобой. Общие технические условия;

70. ГОСТ Р 52581–2006 Ровинг из стеклянных нитей. Технические условия;

71. ГОСТ Р 52898–2007 Бутылки стеклянные для пищевой уксусной кислоты и пищевых уксусов. Технические условия;

72. ГОСТ Р 53172–2008 Дороги автомобильные общего пользования. Изделия для дорожной разметки. Микростеклошарики. Технические требования;

73. ГОСТ Р 53237–2008 Стекловолокно. Общие требования безопасности при производстве и переработке;

74. ГОСТ Р 53416–2009 Тара стеклянная для лекарственных средств. Общие технические условия;

75. ГОСТ Р 54201–2010 Ресурсосбережение. Производство сортового и тарного стекла. Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности;

76. ГОСТ Р ИСО 14050–2009 Менеджмент окружающей среды. Словарь;

77. ГОСТ Р 54494-2011 (до 01.01.2016) Тара стеклянная. Дефекты стекла и изделий из него. Термины и определения;

78. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 21-2014 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника. – М. :Стандартинформ, 2014 г. – 14 с.;

79. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 22-2014 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения. – М. :Стандартинформ, 2014 г. – 14 с.;

80. Справочник Европейского союза по наилучшим доступным технологиям *«Наилучшие доступные технические методы, относящиеся к производству стекла»* («Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass»);

81. Иебсен-Марведель Г. «Производственно-технические пороки стекла», т. 1, 2, М. ГИЗЛегПром, 1941 г.;

82. «Технология стекла» под ред. И.И. Китайгородского, М., Стройиздат, 1961 г., 623 с.;

83. «Справочник по производству стекла» под ред. И.И. Китайгородского, С.И. Сильвестровича, т.1, 2, М., Стройиздат, 1963 г.;

84. Фандерлик М. «Пороки стекла», М., Стройиздат, 1964 г., 352 с.;

85. «Стекло. Справочник» под ред. Н.М. Павлушкина, М., Стройиздат, 1973 г., 487 с.;

86. «Физико-химические основы производства оптического стекла», Под редакцией Л.И. Демкиной, Л.,изд."Химия".1976 г.;

87. Белова Н.А., Фигуровский И.А., Юдин Н.А. «Производство изделий из свинцового хрусталя. Обзор», ВНИИЭСМ, М,. 1977 г.;

88. Щукин В.С. «Современные методы и пути совершенствования приготовления стекольной шихты. Обзор», ВНИИЭСМ, М., 1979 г.;

89. «Химическая технология стекла и ситаллов» под ред. Н.М. Павлушкина, М., Стройиздат, 1983 г., 432 с.;

90. Казеннова Е.П. «Общая технология стекла и стеклянных изделий», М., Стройиздат, 1983 г., 112 с.;

91. Федорова В.А., Гулоян Ю.А. «Производство сортовой посуды», "Легкая и пищевая промышленность", М., 1983 г.;

92. Солнцев С.С. «Защитные технологические покрытия и тугоплавкие эмали», М., "Машиностроение", 1984 г.;

93. Лаптев В.И., Сибиряков В.А. «Электро-термические агрегаты для варки стекла», М., "Легпромбытиздат", 1985 г.;

94. Гулоян Ю.А. «Технология стеклотары и сортовой посуды», М., Легпромбытиздат, 1986 г.;

95. Мазурин О.В. «Стекловарение», Л., "Наука", 1986 г.;

96. Бобкова Н.М., Дятлова Е.М., Куницкая Т.С. «Общая технология силикатов», Минск, "Вышейшая школа", 1987 г.;

97. «Рекомендации по определению удельных расходов топлива, тепловой электрической энергии в стекольной промышленности», М., ГИС, 1991 г., 217 с.;

98. Будов В.М., Саркисов П.Д. «Производство строительного и технического стекла». М., "Высшая школа", 1991 г.;

99. Парюшкина О.В., Мамина Н.А., Панкова Н.А. "Стекольное сырье России". М., 1995 г.;

100. Панкова Н.А., Михайленко Н.Ю. «Стекольная шихта и практика ее приготовления», М., 1997 г.;

101. Мелконян Р.Г. «Аморфные горные породы и стекловарение», М., НИА-Природа, 2002 г., 266 с.;

102. Гулоян Ю.А. «Технология стекла и стеклоизделий», Владимир, 2003 г.;

103. Макаров Р.И., Тарбеев В.В., Хорошева Е.Р., Попов Ю.М., Чуплыгин В.Н. «Управление качеством листового стекла (флоат-способ)», М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004 г., 152 с.;

104. Маневич В.Е., Субботин К.Ю., Ефременков В.В. «Сырьевые материалы, шихта и стекловарение», М., РИФ «Стройматериалы», 2008 г., 224 с.;

105. Гулоян Ю.А. «Физико-химические основы технологии стекла», Владимир, 2008 г.;

106. Дзюзер В.Я., Швыдкий В.С. «Проектирование энергоэффективных стекловаренных печей»,- М: Теплотехник, 2009.-340 с.;

107. Михайленко Н.Ю., Орлова Л.А. «Типы и виды стекла и стекломатериалов. Терминологический справочник», М., РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012 г., 92 с.;

108. «Технология стекла. Справочные материалы» под ред. П.Д. Саркисова, В.Е. Маневича, В.Ф. Солинова, К.Ю. Субботина, М., 2012 г., 647 с.;

109. Севастьянов Р.И. «Электрическая варка стекла», М., 2012 г.