

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для стекольного производства

Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)¹ как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы организаций Всемирного банка или более, применение настоящего Руководства осуществляется в соответствии с принятыми в этих странах стандартами и политикой. Такие Руководства по ОСЗТ для различных отраслей промышленности следует применять в сочетании с **Общим руководством по ОСЗТ** – документом, в котором пользователи могут найти указания по общим вопросам ОСЗТ, потенциально применимым ко всем отраслям промышленности. При осуществлении комплексных проектов может возникнуть необходимость в использовании нескольких Руководств, касающихся различных отраслей промышленности. С полным перечнем Руководств для отраслей промышленности можно ознакомиться по адресу: <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

¹ Определяется как применение профессиональных навыков и проявление старательности, благоразумия и предусмотрительности, чего следует с достаточным на то основанием ожидать от квалифицированного и опытного специалиста, занятого аналогичным видом деятельности в таких же или сходных условиях в любом регионе мира. При оценке применяемых в ходе реализации проекта способов предупреждения и предотвращения загрязнения окружающей среды квалифицированный и опытный специалист может выявить обстоятельства, такие, например, как различные уровни экологической деградации и ассимилирующей способности окружающей среды, а также различные уровни финансовой и технической осуществимости.

В Руководствах по ОСЗТ приводятся такие уровни и параметры эффективности, которые, как правило, считаются достижимыми на вновь введенных в эксплуатацию объектах при современном уровне технологии и приемлемых затратах. Применение положений Руководств по ОСЗТ к уже существующим объектам может потребовать разработки особых целевых показателей для каждого объекта и соответствующего графика их достижения.

Применение Руководства по ОСЗТ следует увязывать с факторами опасности и риска, определенными для каждого проекта на основе результатов экологической оценки, в ходе которой принимаются во внимание конкретные для каждого объекта переменные, такие как особенности страны реализации проекта, ассимилирующая способность окружающей среды и прочие факторы, связанные с намечаемой деятельностью. Порядок применения конкретных технических рекомендаций следует разрабатывать на основе экспертного мнения квалифицированных и опытных специалистов.

Если нормативные акты в стране реализации проекта предусматривают уровни и параметры, отличные от содержащихся в Руководствах по ОСЗТ, то при реализации проекта надлежит в каждом случае руководствоваться более жестким из имеющихся вариантов. Если в силу особых условий реализации конкретного проекта целесообразно применение менее жестких уровней или параметров, нежели те, что представлены в настоящем Руководстве по ОСЗТ, в рамках экологической оценки по

конкретному объекту надлежит представить подробное и исчерпывающее обоснование любых предлагаемых альтернатив. Такое обоснование должно продемонстрировать, что выбор любого из альтернативных уровней результативности обеспечит охрану здоровья населения и окружающей среды.

Применение

Руководство по ОСЗТ для стекольного производства содержит информацию, имеющую отношение к работе стекольных заводов. Здесь не рассматриваются вопросы добычи сырья, которые обсуждаются в Руководстве по ОСЗТ для добычи строительных материалов. В Приложении А приводится подробное описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли экономики.

Настоящий документ состоит из следующих разделов:

- | | | |
|--------------|---|---|
| Раздел 1.0 | – | Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними |
| Раздел 2.0 | – | Показатели эффективности и мониторинг |
| Раздел 3.0 | – | Справочная литература и дополнительные источники информации |
| Приложение А | – | Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли |

1.0 Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними

В данном разделе приводится обзор проблем ОСЗТ, возникающих при производстве стекла на этапе эксплуатации предприятий отрасли, и содержатся рекомендации по их решению. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ, характерных для большинства крупных промышленных предприятий на этапе строительства или вывода из эксплуатации, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.1 Охрана окружающей среды

К числу экологических проблем стекольного производства в первую очередь относятся следующие:

- Выбросы в атмосферу
- Сточные воды
- Твердые отходы

Выбросы в атмосферу

Производство стекла осуществляется при высокой температуре и требует значительного количества энергии, что имеет своим результатом выбросы в атмосферу побочных продуктов сгорания (диоксида серы, диоксида углерода и оксиды азота), а также высокотемпературное окисление атмосферного азота. Выбросы в атмосферу в результате работы печей также содержат твердые частицы (ТЧ) и могут содержать небольшое количество металлов. На стекловаренные печи приходится от 80 до 90% всего объема выбросов в атмосферу загрязняющих веществ стекольными заводами. Выбросы в атмосферу на этапах формования и полирования стекла зависят от специфики

различных технологических процессов производства стекла. На прессовыдувных стеклоформирующих машинах для тарного стекла образуется основная часть выбросов в атмосферу в результате контакта расплавленного стекла ("капли стекломассы") со смазкой оборудования. В процессе производства листового стекла, тарного стекла, посуды и декоративно-художественных стеклянных изделий также происходит выброс в атмосферу загрязняющих веществ в связи с процессом горения при отжиге, при котором стеклянные изделия выдерживаются при температуре 500–550°C в процессе контролируемого охлаждения в "лере" (печи для отжига).

Производителям следует рассмотреть вопрос об уменьшении массы изделий, относящихся к тарному стеклу и столовой посуде, в качестве эффективного метода сокращения воздействия на окружающую среду путем увеличения единиц изделий, которые могут быть изготовлены из данной массы расплавленного стекла.

Твердые частицы

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. Пыль, образующаяся при этих операциях, 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. Если выброс пыли, образующейся в процессе обработки, представляет собой проблему с точки зрения охраны здоровья и труда, то ТЧ, образующиеся в результате нагревания в шихтовальном цехе, представляют собой потенциальную экологическую проблему.

К числу первичных рекомендуемых мер по предотвращению и ограничению выбросов пыли в атмосферу и минимизации возможных последствий транспортировки, обработки, хранения и смешивания сырьевых материалов относятся:

- разграничение зон хранения и приготовление шихты и других производственных зон;
- использование закрытых бункеров для хранения шихты;
- сокращение количества мелких частиц в шихте путем увлажнения водой или щелочными растворами (например, растворами гидроксида натрия [NaOH], углекислого натрия [Na₂CO₃]) или путем предварительного спекания, брикетирования или укладки на поддоны;
- соблюдение надлежащих процедур погрузки и разгрузки;
- транспортировка партий сырья к печам на закрытых транспортерах;
- осуществление контроля в зонах подачи материалов в печи (например, увлажнение шихты; обеспечение сбалансированной работы печи для поддержания в ней слегка избыточного давления (<10 Па), чтобы повысить эффективность сгорания при одновременном сокращении вероятности выброса в атмосферу загрязняющих веществ; улавливание пыли с помощью фильтров; использование закрытых шнековых транспортеров; и ограждение загрузочных камер).

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.

К числу мер по предотвращению и устранению выбросов в атмосферу твердых частиц относятся:

- повышение уровня утилизации стеклобоя;
- оптимизация конструкции и геометрии печи для снижения температуры в печи;
- использование топлива с низким содержанием серы;
- изучение возможности оптимизации методов загрузки материалов, величины зерна и уровня влажности.

Эффективное использование описанных выше первичных мер ограничения выброса твердых частиц может позволить добиться концентрации твердых частиц в топочном газе на уровне менее 100 мг/Нм³. Без принятия соответствующих мер контроля объем выбросов в атмосферу твердых частиц увеличивается по мере продолжительности периода эксплуатации печи, поскольку износ огнеупорных материалов предполагает больший расход энергии, в результате чего возрастает скорость выхода из печи продуктов горения.

К числу методов предотвращения и сокращения объемов выбросов в атмосферу пыли «на конце трубы» относится установка электростатических осадителей или рукавных тканевых фильтров². Электростатические осадители могут

обеспечить пылеулавливание на уровне от 95 до 99% и концентрацию загрязняющих веществ на уровне 20 мг/Нм³. Однако из-за их стоимости³, как правило, их использование ограничивается относительно крупными стекловаренными заводами с двумя или более стекловаренными агрегатами, где можно добиться экономии за счет масштабов производства. Стоимость электростатических осадителей и рукавных тканевых фильтров может колебаться в широком диапазоне и в значительной степени определяется требуемыми характеристиками и объемом отходящих газов. Рукавные тканевые фильтры используются при незначительных объемах отходящих газов, обычно до 20 тыс.–30 тыс. Нм³/час (м³ отходящих газов в перерасчете на нормальные условия, $t = 0^{\circ}\text{C}$, $p = 1 \text{ атм.}$), в то время как электростатические осадители следует использовать при более высоких показателях образования топочного газа. Системы рукавных фильтров (называемые также "пылеуловительные камеры с матерчатými фильтрами" или "тканевые фильтры")⁴ также весьма эффективны и имеют коэффициент улавливания от 95 до 99%.

³ Капитальные затраты (включая расходы на удаление кислотного газа) составляют, как правило, от 1,0 млн. евро для печи производительностью 50–100 тонн продукции в день (либо рукавные тканевые фильтры, либо ЭСП) и от 2,5 млн. до 3,5 млн. евро для печи производительностью 500 тонн продукции в день (обычно ЭСП). Величина ежегодных эксплуатационных расходов колеблется от 50 тыс. до 250 тыс. евро в том случае, если побочный продукт повторно используется в процессе плавления, хотя это требует обеспечения однородности цвета. Затраты на размещение побочного продукта очень велики и могут удвоить размер этих эксплуатационных расходов. Капитальные затраты на установку системы пылеулавливания «на конце трубы» для существующих предприятий обычно выше, чем для новых, особенно в тех случаях, когда необходимо учитывать фактор ограниченности пространства.

⁴ Несмотря на то, что рукавные фильтры эффективны при более низкой температуре, температурный контроль имеет большое значение. Этот контроль необходим для предотвращения коррозии в результате конденсации кислоты при низкой температуре, а также для предотвращения ухудшения технического состояния фильтра в результате теплового разрушения под воздействием высоких температур. Дополнительная информация о применимости и характеристиках методов ограничения выбросов ТЧ содержится в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

² В соответствии с законодательством Европейского союза установка такого рода устройств по уменьшению загрязнения считается оптимальным методом.

Оксиды азота

Основными причинами выбросов оксидов азота (NO_x) являются: образование термических NO_x при высокой температуре в печах, распад азотных соединений в шихте и окисление азота, содержащегося в топливе. Усовершенствование традиционных технологических процессов обычно основывается на следующих технологиях или на их комбинации: уменьшенное воздушно-топливное отношение, ступенчатое сжигание, печи с низким уровнем выбросов оксидов азота и герметичные печи, а также подбор видов топлива. Еще одним эффективным методом является эксплуатация печей в восстановительных условиях.

Для повышения энергоэффективности и сокращения образования NO_x важно минимизировать подачу в печи дутьевого воздуха. Обычно рекомендуется поддерживать концентрацию O_2 в диапазоне от 0,7 до 1% в секционных стекловаренных печах и в диапазоне от 1 до 2% в ваннных печах с торцевыми горелками при ее замере на выходе из камеры сгорания, а также контролировать уровень монооксида углерода (CO), который должен сохраняться на минимально возможном уровне (от 200–300 частей на миллион до максимального значения в 1000 частей CO на миллион).

К числу других важнейших технологических приемов, заслуживающих внимания, относится метод кислороднотопливного плавления (полное или частичное кислородное горение), рассмотренный в Приложении А, и использование печей с низким уровнем образования NO_x ⁵.

⁵ Некоторые новые стекловаренные печи предусматривают другие технические решения для уменьшения объемов выброса в атмосферу NO_x . Печи с низким уровнем образования NO_x и печи FlexMelter характеризуются обратным потоком отработанных газов в топочной камере, которая отделена от зоны сгорания в целях создания условий для

К числу методов сокращения выбросов в атмосферу NO_x , используемых «на конце трубы» (вторичные методы), относятся следующие методы, которые используют в тех случаях, когда меры первичного контроля не обеспечивают достижение требуемого уровня концентрации NO_x :

- химическое восстановление с использованием топлива (например, процесс 3R);
- избирательное каталитическое восстановление (SCR).

Технология избирательного некаталитического восстановления (SNCR) не находит широкого применения в стекольной промышленности. Дополнительная информация о применимости и характеристиках методов борьбы с выбросами NO_x содержится в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

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.

К числу рекомендуемых методов борьбы с загрязнением окружающей среды, направленных на сокращение выбросов двуокиси серы (SO_2), относятся:

"ступенчатого сгорания". Еще одним методом является "многоступенчатая система", которая применяется в головке горелки. До окончательного этапа сгорания происходит раздельное предкамерное сгорание части топлива, что позволяет осуществлять сжигание с использованием поддерживающего горение воздуха с более низкой концентрацией O_2 . Эта технология является, как правило, более дорогостоящей, чем традиционные технологии сжигания, и следует провести анализ ее стоимостной эффективности в сравнении с аналогичными показателями других печей, имеющих обычную планировку и оборудованных системами очистки в конце технологического цикла.

- использование топлива с низким содержанием серы, в частности природного газа;
- сокращение количества сульфата натрия и сульфата кальция в шихте.

При использовании природного газа в качестве топлива уровень содержания SO_x в отработанных газах является, как правило, низким. Если необходимо дальнейшее сокращение выбросов кислотного газа, например при использовании содержащего серу топлива, можно рассмотреть возможность использования следующих методов:

- скруббер сухой очистки, в котором материалы на основе кальция или натрия⁶ вводятся в поток отходящих газов до фильтрации отработанного газа;
- установка скрубберов полумокрой очистки (реакционные скрубберы или камеры закалки) с добавлением некоторых основных реакционно-способных химических веществ (на основе кальция и натрия), которые растворяются в промывочной воде (мокрая очистка).

При использовании технологии сухой абсорбции (такой, как удаление SO_2 и/или хлористого водорода [HCl] или фтористого водорода [HF] с помощью бикарбоната натрия [$NaHCO_3$] или гашеной извести [$Ca(OH)_2$]) рукавные фильтры, как правило, более эффективны, чем электростатические осадители, поскольку они имеют

⁶ Наиболее широко используемым соединением натрия является бикарбонат натрия ($NaHCO_3$), который используется в сухом состоянии в процессе NEUTREC. $NaHCO_3$ размалывается на мельнице до размера частиц менее 15 мкм, после чего добавляется в поток отработанного газа. При температуре более 107°C (обычно выше 140°C), $NaHCO_3$ разлагается на углекислый натрий (Na_2CO_3) и воду. "Чистый" Na_2CO_3 с большой контактной поверхностью обладает высокой способностью вступать в реакцию с кислотными соединениями. В результате этой реакции происходит сокращение количества сильнодействующих химических веществ и, соответственно, – количество побочных продуктов.

большую площадь контактной поверхности и более продолжительное время взаимодействия газа и твердых материалов.

Хлориды и фториды

Эти загрязняющие вещества образуются в отработанных газах стекловаренных печей из содержащихся в сырьевых материалах примесей, и их объем обычно бывает весьма ограниченным. Основные исключения из этого правила связаны с производством опалового (непрозрачного) стекла и с процессом непрерывного производства стекловолокна, при которых в связи с добавлением в шихту плавикового шпата концентрация фторидов/HF (фтористого водорода) до принятия мер по ее снижению может достигать показателя в 1000 мг/Нм³ или выше. Обычно для сокращения объемов выбросов в атмосферу HF используются методы сухой и полусухой газоочистки. В том случае, когда стекло является особенно агрессивным (например, опаловое стекло в связи с присутствием в нем фтора), наиболее предпочтительным считается использование электрической печи.

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). Выбросы в атмосферу HCl и HF могут быть уменьшены путем использования описанных выше методов сокращения выбросов в атмосферу SO_2 .

Металлы

Выброс металлов в окружающую среду является серьезной проблемой для некоторых подотраслей (например, производство свинцового хрустала и фритты), однако она

менее значительна для других подотраслей стекольной промышленности. Незначительное количество тяжелых металлов может присутствовать в качестве примесей в некоторых сырьевых материалах, в стеклосе и в топливе. Свинец и кадмий используются в составе стекломассы и красящих веществ при производстве фритты. В твердых частицах, образующихся при производстве свинцового хрусталя, может содержаться 20–60% свинца. 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).

Для сокращения выбросов содержащих металл частиц следует использовать эффективные методы пылеулавливания. Выбросы металлов в газообразном состоянии (например, при использовании селена) сокращаются путем установки сухих и полусухих скрубберов в сочетании с использованием методов улавливания пыли.

Парниковые газы (ПГ)

Стекольная промышленность является источником значительных выбросов в атмосферу парниковых газов (ПГ), в первую очередь двуокиси углерода (CO₂). Производство 1 кг стекла в газовой печи приводит к образованию приблизительно 0,6 кг CO₂, из которых 0,45 кг образуется за счет сжигания ископаемого топлива и 0,15 кг – в результате диссоциации карбонатного сырья (CaCO₃ и доломит), используемого в шихте. Образование ПГ напрямую зависит от сорта стекла, вида используемого ископаемого топлива, энергоэффективности технологических процессов и использования стеклосе. В связи с высокими требованиями к качеству некоторых изделий из стекла (например, фармацевтические и

косметические изделия, лабораторное оборудование и осветительные приборы) возможности использования стеклосе ограничены.

В дополнение к рекомендуемым стратегиям сокращения выбросов ПГ, содержащимся в **Общем руководстве по ОСЗТ**, специфические для данной отрасли методы предотвращения и контроля выбросов ПГ включают:

- меры по повышению энергоэффективности (приводятся ниже);
- использование топлива с низким содержанием углерода (например, по возможности, использовать природный газ вместо мазута или твердого ископаемого топлива);
- использование в максимально возможном объеме стеклосе в целях повышения энергоэффективности и сокращения использования карбонатного сырья, в первую очередь при производстве тарного стекла. Наиболее широкие возможности для использования шихты с высоким содержанием стеклосе существуют при производстве тары из бутылочного стекла. Потребление энергии для обеспечения работы печи обычно сокращается на 0,15–0,3% на каждый процент содержания стеклосе в шихте⁷;
- использование инверторных приводов с регулируемой скоростью для мощных вентиляторов, подающих воздух горения и охлаждения;
- утилизация отходящего тепла от топочных газов: тепло может использоваться для предварительного подогрева шихты или стеклосе (см. ниже) или для отопления помещений с использованием тепловой

⁷ В странах Европейского союза на стеклосе приходится от менее 20 до более 90% сырья, используемого при производстве тарного стекла, средний показатель для региона составляет 48%, а для янтарного тарного стекла соответствующий показатель составляет 25–60%.

энергии или пара. К числу перспективных относится технология утилизации тепла в виде пара высокого давления для производства электроэнергии в паровой турбине.

- методы повышения эффективности работы печей включают следующее⁸:
 - *размер печи*: печи производительностью менее 50 т продукции в день характеризуются высоким уровнем потерь используемой для плавки стекла энергии через ограждающие конструкции и поэтому являются неэффективными;
 - *выбор технологии плавки*: регенеративные печи являются более энергоэффективными по сравнению с рекуперативными печами благодаря предварительному подогреву топочного воздуха до более высокой температуры;
 - внедрение методов и использование материалов, обеспечивающих бóльшую теплоизоляцию;
 - методы регулирования процесса горения;
 - максимально возможное использование стеклобоя;
 - предварительный нагрев шихты и стеклобоя до их подачи в печь путем регенерации тепла отработанных печных газов.

Сточные воды

Промышленные сточные воды

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, промывочной воды, а также поверхностных стоков. Для минимизации потерь следует использовать 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).

Очистка воды, использованной в технологическом процессе

К числу технологий очистки воды, используемой в технологических процессах в данной отрасли промышленности, относятся: применение водомасляных сепараторов; усреднение стоков по объему и составу с корректировкой pH; улавливание и осаждение взвешенных твердых частиц с использованием отстойников или осветлителей; многослойное фильтрование для сокращения уровня концентрации неосаждаемых взвешенных частиц; обезвоживание и захоронение отходов очистки на специальных полигонах или, при наличии опасных отходов, в местах, предназначенных для их захоронения. Для очистки охлаждающей воды от металлов, растворенных солей, органических веществ и химических веществ, используемых для водоочистки, могут потребоваться дополнительные меры технического контроля и предварительной обработки воды.

Методы очистки и удаления промышленных сточных вод и примеры подходов к проблеме очистки рассматриваются в

⁸ Справочные документы по наилучшим доступным технологиям (BREF) Евросоюза (2001).

Общем руководстве по ОСЗТ. Благодаря использованию этих методов и передовой практики очистки сточных вод предприятия могут добиться достижения нормативных показателей в отношении сброса сточных вод, приведенных в разделе 2 настоящего документа, посвященного данной отрасли промышленности. Механическая обработка стекла должна предусматривать повторное использование технологической воды.

Прочие источники сточных вод и потребление воды

Рекомендации по вопросам по обращению с незагрязненными сточными водами, образующимися в результате работы вспомогательных систем, незагрязненными ливневыми водами и хозяйственно-бытовыми сточными водами содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ.** Потоки загрязненной воды должны направляться в очистную систему для обработки промышленных сточных вод. Рекомендации по сокращению потребления воды, особенно в тех случаях, когда она может представлять ограниченный природный ресурс, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ.**

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. Мощные приемные площадки позволяют эффективно и результативно проводить сбор и уборку, а также обеспечить необходимую идентификацию, разделение и повторное

использование 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.

К числу возможных методов предотвращения загрязнения окружающей среды относятся:

- максимизация использования стеклобоя в качестве исходного сырья;
- повторное использование отработанных огнеупорных материалов в качестве исходного сырья для производства кирпича (эта технология не влияет на качество готовой продукции);
- замена огнеупорного кирпича, как правило, через каждые 6–12 лет (возможность повторного использования этих материалов для предотвращения загрязнения окружающей среды выявляется при проведении работ по восстановлению и ремонту печи/канала питателя печи);
- повторное использование пыли в шихте, если это позволяет требования в отношении цвета продукции.

1.2 Охрана труда и техника безопасности

К числу наиболее опасных и вредных производственных факторов, характерных для стекольных заводов на этапе эксплуатации, относятся, прежде всего:

- Тепловое воздействие
- Воздействие шума
- Опасность воздействия на органы дыхания
- Источники физической опасности
- Опасность поражения электрическим током

Тепловое воздействие

Тепловое воздействие происходит главным образом в ходе эксплуатации и технического обслуживания печей или другого оборудования для горячих работ. К числу мер по предотвращению и устранению воздействия относятся:

- минимизация времени работы в условиях высокой температуры окружающего воздуха путем сокращения продолжительности рабочей смены в этих зонах;
- для предотвращения перегрева на рабочем месте необходимо обеспечить надлежащую вентиляцию и подачу охлаждающего воздуха для удаления с рабочего места отходящих газов и пыли;
- предоставление и использование в случае необходимости респираторов, обеспечивающих подачу воздуха или O₂;
- ограждение поверхностей оборудования, нагретых до высокой температуры, вблизи от которых могут находиться рабочие и с которыми они могут вступить в непосредственный контакт, и использование в случае необходимости средств индивидуальной защиты (СИЗ), включая изолирующие перчатки и обувь.

Воздействие шума

При производстве стекла рабочие могут подвергаться воздействию шума. Потеря слуха (гипакузия) является широко распространенным профессиональным заболеванием в данной отрасли промышленности, в первую очередь при производстве тарного стекла. В процессе формовки тарного стекла высокое давление, используемое при охлаждении и формовании изделий, может стать источником высокого уровня шума. Уровень шума от работ установок по прессованию стекла может достигать 100 децибел и более, что может привести к нарушению слуха. Рекомендации по предотвращению и устранению воздействия шума, включая использование средств защиты органов слуха и других СИЗ, рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Опасность воздействия на органы дыхания

(Воздействие пыли, отходящих газов и токсических веществ)

Опасность профессиональных заболеваний при производстве стекла может быть связана с присутствием на рабочем месте мелких взвешенных ТЧ. Эти ТЧ могут содержать кварцевую пыль от кварцевого песка и полевого шпата и иногда токсичные вещества (например, оксид свинца, бор, мышьяк, олово, никель и кобальт). На рабочих местах на предприятиях по производству тарного стекла и столовой посуды также обычно присутствуют газы от сжигания топлива и дым от горячей смазки. Твердые частицы, образующиеся при производстве свинцового хрустала, могут содержать свинец в концентрации от 20 до 60%. При некоторых специальных технологиях производства стекла на рабочих местах могут образовываться высокие концентрации соляной кислоты, мышьяка, сурьмы и селена.

При горячей обработке поверхности стекла могут использоваться олово и соединения титана, такие как хлориды олова или хлорсодержащие органические соединения олова, что может иметь своим результатом выбросы в атмосферу пыли с высокой концентрацией олова, титана и соляной кислоты. К числу методов по предотвращению и устранению воздействия относятся следующие:

- отделение зон хранения сырьевых материалов и подготовки шихты от других технологических зон;
- использование надлежащих методов разгрузочно-погрузочных работ;
- подача исходного сырья к печам с использованием закрытых конвейеров/труб;
- использование систем вентиляции.

Источники физической опасности

Опасность повреждения глаз разбитым стеклом или присутствующими в воздухе частицами стекла является обычным фактором риска при производстве стекла, и ее следует предотвращать за счет обязательного использования защитных очков всеми рабочими и посетителями. Если во время операций разбивается листовое стекло, это может привести к серьезным порезам. Риск травматизма должен быть минимизирован путем автоматизации операций с листовым стеклом и обеспечения рабочих, занятых на операциях с листовым стеклом, защитными перчатками и длинными фартуками.

Опасность поражения электрическим током

Рабочие могут подвергаться опасности поражения электрическим током в связи с наличием электрического оборудования на всех предприятиях по производству стекла. Рекомендации по предотвращению и устранению

опасности поражения электрическим током содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ.**

1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения

Воздействие на здоровье и безопасность местного населения на этапах строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации предприятий по производству стекла аналогично воздействию, оказываемому большинством крупных промышленных предприятий, и рассматривается в **Общем руководстве по ОСЗТ.**

2.0 Показатели эффективности и мониторинг

2.1 Охрана окружающей среды

Нормативы выбросов и сбросов

В таблицах 1 и 2 приведены нормативы выбросов и сбросов в данной отрасли промышленности. Значения нормативов технологических выбросов и сбросов в данной отрасли соответствуют надлежащей международной отраслевой практике, которая зафиксирована в соответствующих стандартах стран с общепризнанной нормативно-правовой базой. Данные нормативы выполнимы при нормальном режиме работы должным образом спроектированных и эксплуатируемых предприятий посредством применения методик предотвращения и контроля загрязнения, описанных в предыдущих разделах настоящего документа. Указанные уровни должны обеспечиваться без разбавления и соблюдаться в течение не менее 95% времени работы предприятия или установки, рассчитываемого как доля рабочих часов в год. При проведении экологической оценки необходимо обосновать отклонения от данных уровней с учетом конкретных местных условий проекта.

Нормативы сбросов применимы к прямому сбросу очищенных стоков в поверхностные воды общего пользования. Возможно установление уровней сбросов с для конкретных производств в зависимости от наличия и условий использования систем сбора и очистки сточных вод общего пользования или, если сброс происходит непосредственно в поверхностные воды, в зависимости от вида использования водоприемников, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Нормативы выбросов применимы к технологическим выбросам. Нормативы выбросов от источников горения, связанных с производством пара и электроэнергии, с тепловой мощностью, равной или ниже 50 МВт тепл., рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**, а для источников выбросов большей мощности – в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**. Указания в отношении фоновых параметров окружающей среды с учетом общей нагрузки выбросов приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Таблица 1. Уровни выбросов в атмосферу при производстве стекла

Загрязняющее вещество	Единица измерения	Нормативный показатель
Твердые частицы		
Природный газ	мг/Нм ³	100 ^a
Прочие виды топлива		50 ^a
SO₂	мг/Нм ³	700–1500 ^b
NO_x	мг/Нм ³	1000
HCl	мг/Нм ³	30
Фториды	мг/Нм ³	5
Свинец	мг/Нм ³	5
Кадмий	мг/Нм ³	0,2
Мышьяк	мг/Нм ³	1
Прочие тяжелые металлы (всего)	мг/Нм ³	5 ^c

^a При содержании токсичных металлов их концентрация не должна превышать 20 мг/Нм³. Для обеспечения уровня выбросов пыли в 50 мг/Нм³ необходима вторичная очистка (например, рукавные фильтры или электростатические пылеуловители). Оптимальный эксплуатационный режим печи и использование первичных методов очистки позволяют обеспечить уровень концентрации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 100 мг/Нм³.

^b 700 мг/Нм³ при нагревании с помощью природного газа. 1500 мг/Нм³ при нагревании с помощью жидкого топлива.

^c 1 мг/Нм³ для селена.

Таблица 2. Уровни сброса со стоками от производства стекла

Загрязняющее вещество	Единицы измерения	Нормативный показатель
рН	Стандартная единица рН	6–9
Общее содержание взвешенные вещества	мг/л	30
ХПК	мг/л	130
Нефтепродукты	мг/л	10
Свинец	мг/л	0,1
Сурьма	мг/л	0,3
Мышьяк	мг/л	0,1
Фториды	мг/л	5
Борная кислота	мг/л	2
Повышение температуры	°С	не более, чем на 3 ^а

^а На границе научно установленной зоны смешивания с учетом качества воды водных объектов, типа водопользования водного объекта, возможных потребителей воды и ассимилирующей способности.

Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для этой отрасли следует выстраивать с учетом необходимости охвата всех видов деятельности, которые потенциально могут оказывать существенное воздействие на состояние окружающей среды при их осуществлении как в нормальном, так и во внештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, стоков сбросов и используемых ресурсов, применимым к конкретному проекту.

Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг которого проводится. Мониторинг должны

осуществлять специально подготовленные лица в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных и с использованием оборудования, прошедшего надлежащую поверку и техническое обслуживание. Данные мониторинга необходимо регулярно анализировать и изучать, сравнивая их с действующими стандартами в целях принятия любых необходимых мер по исправлению недостатков. Дополнительные указания по применимым методам забора проб и анализа выбросов и стоков содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Использование ресурсов и нагрузки выбросов

В таблицах 3 и 4 приведены примеры показателей потребления энергетических и водных ресурсов, а также массы выброшенных в атмосферу загрязнителей в данной отрасли. Контрольные показатели по отрасли приведены только для сравнения, и в каждом отдельном проекте должна ставиться задача обеспечения постоянного совершенствования в данных областях.

Таблица 3. Потребление ресурсов и энергии^{a,d}

Расход на единицу продукции	Единицы измерения	Отраслевой контрольный показатель
Топливо Удельный расход топлива для регенеративных стекловаренных ванн печей с подковообразным пламенем для производства тарного стекла с производительностью > 200 т/день	ГДж/тонна сваренного стекла	3,9 ^b
Удельный расход топлива для печей для варки флоат-стекла с производительностью 400–500 т/день	ГДж/тонна сваренного стекла	5,5
Удельный расход топлива для секционных печей для варки боросиликатного стекла с производительностью 10–15 т/день	ГДж/тонна сваренного стекла	9
Электроэнергия Удельный расход электроэнергии	КВт-час/тонна сваренного стекла	110
Вода Расход воды на единицу продукции	м ³ /тонна сваренного стекла	4 ^c
<p>^a Удельный расход энергии в значительной степени зависит от размеров печи, возможностей по производству стекла, методов загрузки, продолжительности эксплуатации и степени утилизации стеклобоя. Небольшие по размеру печи и печи, работающие не на полную номинальную мощность, являются, как правило, менее энергоэффективными, поскольку у них высокий удельный уровень потерь тепла. Расход энергии также зависит от качества стекла (температуры варки), процента использования стеклобоя и продолжительности эксплуатации печи. Достижение наименьших значений из указанного диапазона показателей энергопотребления возможно на новых печах и при максимально возможном использовании стеклобоя, хорошей теплоизоляции печи и оптимальных технологических условиях (например, не превышение нормативных рабочих температур и эффективное регулирование процесса горения). Показатели расхода топлива предполагают отсутствие дополнительного электрообогрева. Показатели потребления электроэнергии аналогичным образом не учитывают непосредственное использование электроэнергии в процессе варки стекла, но учитывают ее потребление вентиляторами для подачи воздуха горения.</p> <p>^b Удельный расход энергии для регенеративных печей и кислородотопливных печей без учета производства O₂, а также в процессе производства тарного стекла ниже, чем потребление энергии рекуперативными печами и в процессе производства листового стекла и столовой посуды.</p> <p>^c Данные для производства стекловолокна.</p> <p>^d При производстве известково-натриевого стекла увеличение на 10% объема используемого стеклобоя позволяет сократить потребление энергии на величину, составляющую до 3% в диапазоне от 22 до 30 ккал/кг (0,09–0,13 ГДж/тонна)</p>		

Таблица 4. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ

Выделение загрязнителей на единицу продукции ^a	Единицы измерения	Отраслевой контрольный показатель	
		Печи для варки листового стекла	Печи для варки тарного стекла
Твердые частицы	кг/тонна сваренного стекла	0,02–0,1	0,002–0,22
	мг/Нм ³	5,0–40	1–35
NO_x	кг/тонна сваренного стекла	1,1–2,9	<0,75
	мг/Нм ³	495–1 250	<400
SO_x	кг/тонна сваренного стекла	0,54–4,0	0,2–3,5
	мг/Нм ³	200–1 700	100–1 650
HCl	кг/тонна сваренного стекла	<0,01–0,08	0,01–0,07
	мг/Нм ³	4,0–30	7–30
HF	кг/тонна сваренного стекла	<0,002–0,01	≤0,02
	мг/Нм ³	<1,0–4,0	≤1–6
Металлы	кг/тонна сваренного стекла	<0,001	<0,001
	мг/Нм ³	<1,0	<1,0

^a Данные предоставлены в Европейском союзе (2005 год) на основании использования первичных и вторичных методов очистки. Данные относятся к печам, работающим как на газе, так и на жидком топливе.

2.2 Охрана труда и техника безопасности

Указания по охране труда и технике безопасности

Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности следует оценивать на основании опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных производственных факторов, примерами которых

являются, в частности, указания по предельным пороговым значениям (TLV®) воздействия на рабочем месте и показателям биологического воздействия (BEIs®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)⁹, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным институтом гигиены и охраны труда Соединенных Штатов (NIOSH)¹⁰, показатели допустимых уровней воздействия (PELs), публикуемые Управлением охраны труда Соединенных Штатов (OSHA)¹¹, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза¹², или данные из иных аналогичных источников.

Показатели травматизма и частота несчастных случаев со смертельным исходом

Исполнителям проектов следует стремиться к полному искоренению несчастных случаев на производстве с участием занятых в проекте работников (нанятых непосредственно исполнителями проекта либо субподрядчиками), особенно несчастных случаев, способных привести к потере рабочего времени, инвалидности различной степени тяжести или даже смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на объекте можно сопоставлять с опубликованными показателями предприятий данной отрасли в развитых странах, которые можно получить из таких источников, как, например, Бюро трудовой

статистики США и Инспекция по промышленной гигиене и охране труда Соединенного Королевства.

Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности

Следует вести мониторинг рабочей среды на наличие вредных производственных факторов, характерных для данного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты¹³ в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. Предприятиям следует также вести журналы учета случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также опасных происшествий и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

⁹ См. <http://www.acgih.org/TLV/and> <http://www.acgih.org/store/>.

¹⁰ См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>.

¹¹ См. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992.

¹² См. http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/.

¹³ К таким уполномоченным специалистам могут относиться сертифицированные специалисты по промышленной гигиене, дипломированные специалисты по гигиене труда, сертифицированные специалисты по охране труда или специалисты аналогичной квалификации.

3.0 Справочная литература и дополнительные источники информации

Australian Government. Department of the Environment and Heritage. 2004. Emissions Estimation Technique Manual for Glass and Glass Fibre Manufacturing — Version 2.0. Canberra, Australia.

European Commission. 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry. Sevilla, Spain.

European Union. 2005. Corinair. Emission Inventory Guidebook.

Eurosil. 2005. Potential Socio-Economic Effects of Setting an EU Occupational Exposure Limit for Respirable Crystalline Silica.

International Labour Organization (ILO). 2001. Safety in the Use of Synthetic Vitreous Fibre Insulation Wools. Geneva, Switzerland.

State of New Jersey, Department of Environmental Protection, Air Quality Permitting Program. 1997. State of the Art (SOTA) Manual for the Glass Industry Section 3.15. Trenton, New Jersey.

UNECE/EMEP Task Force on Emission Inventories and Projections. 2005. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook — 2005. Glass Production. Activities 030314-030317 & 040613. European Environment Agency. Copenhagen, Denmark.

US Department of Labor, Bureau of Labor Statistics. 2003 and 2004. Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses for Glass and Glass Product Manufacturing (Code 327200) and for Glass Container Manufacturing (Code 327213). Washington, DC.

US Environmental Protection Agency (US EPA). 2005. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart CC – Standards of Performance for Glass Manufacturing Plants, 40 CFR Part 60. Washington, DC.

US EPA. 2004. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart N – National Emission Standards for Inorganic Arsenic Emissions from Glass Manufacturing Plants, 40 CFR Part 61. Washington, DC.

US EPA. 1995a. AP-42 Section 11.15, Glass Manufacturing. Washington, DC.

US EPA, Office of Compliance. 1995b. Profile of the Stone, Clay, Glass and Concrete Products Industry. Sector Notebook Project. Washington, DC.

US EPA. 1995c. Glass Manufacturing Point Source Category. Subpart E – Float Glass Manufacturing Subcategory 40 CFR Part 426. Washington, DC.

US EPA. 1995. 40 CFR Part 426. Glass Manufacturing Point Source Category. Subpart H – Glass Container Manufacturing Subcategory, 40 CFR Part 426. Washington, DC.

Приложение А. Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

К стекольной промышленности относятся различные промышленные предприятия, выпускающие разнообразную продукцию. В рамках этой отрасли осуществляется производство стеклянных изделий с использованием целого ряда сырьевых материалов, из которых наибольшее значение имеют кварцевый песок, стеклянный бой и промежуточные/модифицирующие материалы, такие как кальцинированная сода, известняк, доломит и полевой шпат. Обеспеченность сырьем имеет большое значение при концептуальном проектировании предприятия и определении его месторасположения. Потребности в значительном количестве дешевых сырьевых материалов и относительно низкая удельная стоимость готовой продукции являются важнейшими факторами при определении оптимального месторасположения предприятия, позволяющего сократить расстояния транспортировки основного сырья и готовой продукции. Это имеет особенно большое значение при производстве тарного стекла, которое является самой крупной подотраслью стекольной промышленности.

Более 90% продукции отрасли сбывается предприятиям других отраслей промышленности. Стекольная промышленность в значительной степени зависит от строительной индустрии, производства автомобилей, а также от производства продуктов питания и напитков. Тем не менее, существуют подотрасли с небольшим объемом производства, в рамках которых производятся дорогостоящие промышленные изделия или потребительские товары. К числу специализированных подотраслей стекольной промышленности относятся, в частности, производство электронно-лучевых и рентгеновских трубок, стекла для осветительных приборов

(лампочки и трубки), стекла для электронных и электротехнических приборов, стеклянного сляя и изоляторов, боросиликатного стекла (тара для фармацевтической продукции и кухонная посуда), стеклокерамики, оптического стекла, пеностекла, стеклянных блоков и декоративно-художественных стеклянных изделий.

После поступления песка, известняка, кальцинированной соды и других сырьевых материалов осуществляется их хранение в отдельных бункерах. До начала процесса плавления сырьевые материалы поступают в системы взвешивания и смешивания, где происходит их смешивание со стеклосилом для обеспечения необходимой однородности. Смесь поступает в бункер для хранения шихты, где она находится до момента загрузки в стекловаренную печь. В стекловаренной печи сырье нагревается до температуры в диапазоне от 1500°C до 1650°C, и в результате последовательности химических реакций сырье преобразуется в стекломассу. Расплавленное стекло "извлекается" из печи и подвергается термической обработке в выработочной части стекловаренной печи для придания ему оптимальных формовочных свойств на последующих технологических этапах. После процесса формования стекло подвергается отжигу в лере для снятия нежелательного напряжения с формованного стекла, после чего следует этап проверки и испытания. На конечном этапе упаковки производится подготовка готовой продукции к хранению или транспортировке. Стандартный процесс производства стекла приводится на рис. А-1.

Сырьевые материалы

Различные подотрасли стекольной промышленности и отдельные предприятия используют разнообразные сырьевые материалы. К числу основных сырьевых материалов относятся стеклообразующие материалы (например, кварцевый песок, стеклобой), промежуточные/модифицирующие вещества (например, кальцинированная сода, известняк, полевой шпат и доломит) и красящие/обесцвечивающие средства (например, хромиты, оксид железа, оксид кобальта, селен и селенит цинка). Для производства специального и технического стекла используют оксид свинца, поташ, оксид цинка и оксиды других металлов. К числу осветлителей относятся оксид мышьяка и оксид сурьмы, нитраты и сульфаты. На три-четыре вида сырьевых материалов (песок, кальцинированная сода, известняк и доломит) приходится более 95% используемого в стекольной промышленности сырья, еще некоторые виды сырья используются в составе стеклообразующих материалов, промежуточных/модифицирующих продуктов и красящих веществ.

Потребление энергии и топлива

Производство стекла является энергоемким процессом, поэтому важно принять меры по повышению энергоэффективности производства, в частности на этапе проектирования стекловаренных печей. Процесс плавки является наиболее энергоемким технологическим этапом, на котором расходуется от 60 до 80% всей энергии, потребляемой при производстве стекла. Удельное энергопотребление зависит от характеристик печи (в частности, ее типа и размера). При производстве стекла энергия также потребляется выработочными частями печей, в процессе формовки, отжига и системами заводского отопления. Значительное количество энергии

потребляется вентиляторами для подачи воздуха горения и охлаждающего воздуха. Сокращения потребления энергии и выбросов в атмосферу загрязняющих веществ можно добиться путем принятия мер, направленных на уменьшение массы изделий, в частности, из тарного стекла. Это может быть обеспечено за счет оптимального проектирования, а также путем оптимизации процесса формовки и обработки продукции после процесса формования.

Процесс плавки

При проектировании стекловаренной печи важнейшее значение имеют выбор источника энергии, технологии разогрева и методы использования отходящего тепла. Этот выбор относится к числу наиболее важных факторов, определяющих экологические характеристики и энергоэффективность процесса плавки и, соответственно, энергоэффективность всего процесса производства стекла. В зависимости от используемого вида топлива и методов подвода тепла стекловаренные печи подразделяются на следующие четыре типа: регенеративные, рекуперативные, секционные и электрические печи. Рекуперативные, регенеративные и секционные стекловаренные печи могут использовать в качестве топлива газ, жидкое топливо или пылевидное твердое топливо. Вид используемого топлива имеет большое значение с точки зрения объема выбросов ПГ, твердых частиц и SO₂. При принятии решения о том, какое топливо будет использоваться, следует принимать во внимание экологические аспекты с учетом месторасположения предприятия.

Регенеративные печи

В этих печах парные регенеративные системы утилизации отходящего тепла используются для предварительного нагрева воздуха горения. Горелки обычно располагаются на

уровне отверстий для прохода газов сгорания/отработанных газов или ниже. Стороны печи нагреваются по очереди. Горячие топочные газы отходят и нагревают огнеупорный материал в регенераторе. Через определенный период времени обогрев меняет направление, и подаваемый в зону горения воздух проходит через нагретый регенератор, который был до этого разогрет отходящими газами. Температура предварительного нагрева обычно составляет от 1100°C до 1350°C, что обеспечивает максимальную теплоотдачу печей, работающих на ископаемом топливе.

Существует два вида регенеративных печей – печи с поперечным направлением пламени и печи с торцевыми горелками. В регенеративных печах с поперечным направлением пламени камеры сжигания и горелки расположены по сторонам печи, а регенераторы находятся на каждой стороне печи. В печах с торцевыми горелками имеется два регенератора, расположенных на одном конце печи, и в каждом из них имеется по одной горелке. Печи с торцевыми горелкам (или с подковообразным пламенем) чаще используются при производстве небольших партий товара, поскольку они имеют меньшие габариты и меньшую производительность, у них также меньше потерь тепла, более низкие показатели энергопотребления и затраты на сооружение. Тем не менее для них характерно подковообразное пламя из одного регенератора в соседний, что затрудняет обеспечение "охвата" значительных по площади поверхностей стекла (максимальная площадь поверхности составляет около 110–120 м², а максимальная производительность стекловаренной печи – около 400–450 тонн в день). Для больших по площади поверхностей стекла более предпочтительным является использование печей с поперечным направлением пламени (или с торцевыми горелками). Почти все печи, используемые для производства листового стекла, имеют боковые горелки.

Рекуперативные печи/секционные стекловаренные печи

В рекуперативных печах для утилизации отходящего тепла используются металлические теплообменники, при этом происходит постоянный подогрев воздуха горения за счет отходящих газов. Свойства материалов ограничивают температуру подогрева приблизительно до 750–800°C, однако существуют инновационные печи, пока находящиеся на стадии испытаний, позволяющие осуществлять предварительный нагрев до температуры 900°C и выше. Из-за более низкой температуры предварительно подогретого воздуха удельная производительность стекловаренных печей данного типа (на единицу площади стекловаренной печи) почти на 30% ниже, чем у регенеративных печей. Этот тип печей обычно используется для операций, требующих гибкости производственных процессов, и в случае ограниченности первоначальных капитальных затрат. При мелкомасштабном производстве использование регенераторов является экономически неэффективным. Рекуперативные печи обычно используют на предприятиях малой мощности, хотя существуют и печи достаточно большой производительности (до 400 тонн продукции в день). Секционные стекловаренные печи (или печи прямого нагрева изделий) не всегда оборудованы рекуператорами, однако на большинстве из сооружаемых в настоящее время печей они имеются. Сооружение рекуперативных и секционных стекловаренных печей требует, как правило, проведения земляных работ в меньшем объеме.

Кислородотопливные печи

Кислородотопливная плавка предполагает замену воздуха сгорания кислородом. Удаление азота из газов сгорания сокращает объем отходящих газов и позволяет отказаться от использования систем утилизации отходящего тепла.

Потребление энергии печью сокращается в связи с тем, что система обеспечивает нагрев до температуры сгорания кислорода, а не воздуха (который на 80% состоит из азота). В некоторых кислородотопливных печах для предварительного нагрева шихты и стеклобоя используют отходящие газы. Существенно сокращается удельное количество образующегося NO_x (кг/кг стекла), однако в связи с уменьшением потока топочного газа концентрация NO_x будет намного больше обычной. По своей конструкции кислородотопливные печи схожи с секционными печами и имеют несколько горелок с поперечным направлением пламени и одно выпускное отверстие для отработанного газа. При их сооружении следует тщательным образом изучить вопрос о возможности минимизации затрат, который рассматривается в следующем разделе.

Электрические печи

Электрические печи представляют собой стекловаренную установку из огнеупорного материала, в которой электроды установлены либо по бокам, либо в верхней части, либо, чаще всего, в днище печи. Электрические печи, как правило, имеют небольшой размер и используются, в частности, для производства специального стекла. Нагрев электрическим током вместо использования для этих целей ископаемого топлива и отсутствие необходимости переноса шихты позволяют избежать образования побочных продуктов сгорания, в результате чего существенно сокращаются выбросы из печи в атмосферу. Кроме того, электрические печи могут быть герметичными, в связи с чем их использование является предпочтительным в тех случаях, когда выбросы от шихты имеют повышенную загрязняющую способность.

Стекловаренные печи периодического действия

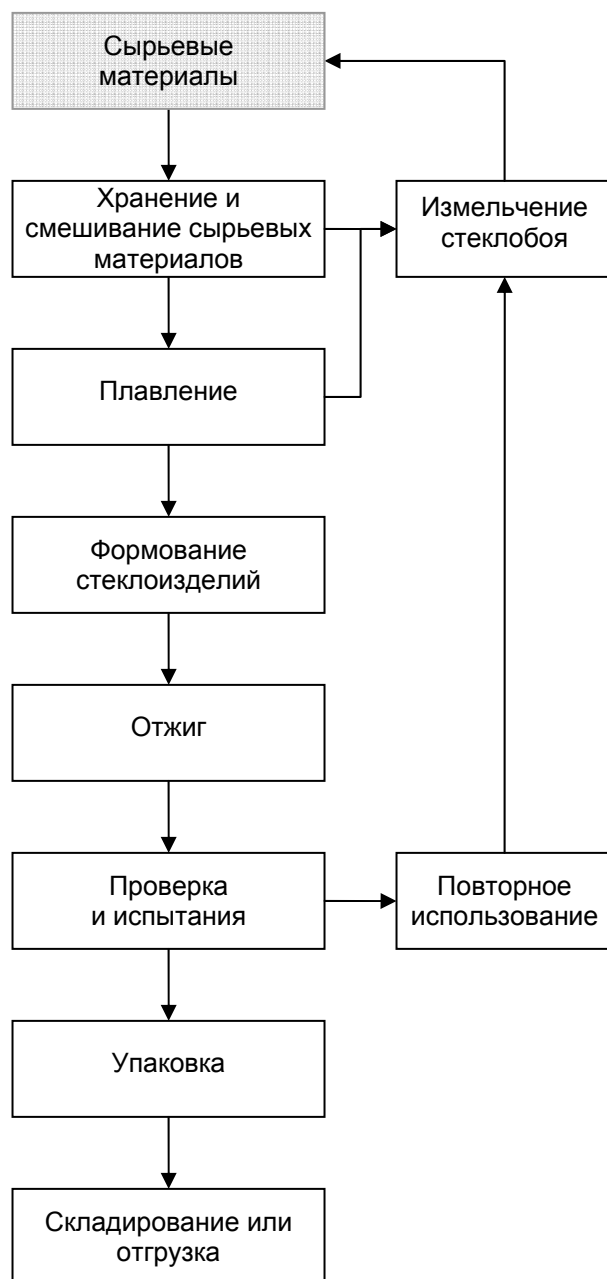
Эти стекловаренные печи используются при необходимости производства небольшого количества стекла, особенно в тех случаях, когда состав стекла периодически меняется. Для плавки партий сырья используются горшковые печи или ванны печи периодического действия. В некоторых печах используются простые рекуператоры, имеющие цилиндрическую форму и обеспечивающие предварительный нагрев воздуха до температуры от 300°C до 400°C. Однако в большинстве стекловаренных печей этого типа отсутствуют системы предварительного нагрева воздуха.

Дополнительный электрообогрев и подача дополнительного количества кислорода

Печи, нагреваемые только за счет электроэнергии, существуют, но гораздо чаще электрообогрев используется в дополнение к нагреву за счет сгорания топлива в регенеративных или рекуперативных печах. Дополнительный электрообогрев обеспечивает нагрев конкретных зон стекла, которые трудно нагреть с помощью обычного пламени (подовое пламя) или если необходимо обеспечить конкретный температурный режим. Электроэнергия также может использоваться при необходимости краткосрочного увеличения объема производства или для повышения производительности печи до уровня, который невозможно обеспечить без ее серьезной модернизации. На дополнительный электрообогрев обычно идет от 4 до 10% всего объема потребляемой энергии. Аналогичным образом, подача дополнительного кислорода (замещение на некоторых горелках воздуха горения кислородом) применяется для повышения производительности печи при определенных условиях. Обычно кислородом замещается от 10 до 30% объема воздуха горения.

Использование кислороднотопливных и электрических печей неизменно приводит к сокращению потребления топочного топлива, поскольку из-за значительного сокращения объема отходящих газов отпадает необходимость в системах утилизации отходящего тепла, достаточно часто сокращаются и капитальные затраты. Тем не менее правильное соотношение экономических, энергетических и экологических аспектов применения этих технологий должно учитывать энергетические и экологические аспекты производства кислорода и электроэнергии. Относительная стоимость электроэнергии и ископаемого топлива является основным фактором, определяющим экономическую эффективность применения этих технологий, и этот параметр следует анализировать в каждом конкретном случае.

Рисунок А-1. Технологический процесс производства стекла



Примечание: Привозной стеклобой, не отраженный в данном рисунке, также используется в качестве сырья. В связи с тем что он очищается путем промывки до его использования, его не следует подвергать обработке вместе с другим сырьем. Привозной стеклобой обычно хранится в том виде, в котором он был доставлен, после этого он подвергается очистке путем промывки и добавляется в шихту без хранения очищенного стеклобоя.