ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54201— 2010

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ПРОИЗВОДСТВО СОРТОВОГО И ТАРНОГО СТЕКЛА

Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ» (ФГУП «ВНИЦСМВ») и Автономной некоммерческой организацией содействия повышению экологической и энергетической эффективности регионов «Эколайн» (АНО «Эколайн»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 349 «Обращение с отходами»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2010 г. № 981-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных положений Справочника ЕС «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Производство сортового и тарного стекла» («European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry»), подготовленного в рамках реализации Директивы 96/61/ЕС о комплексном контроле и предотвращении загрязнения, и «Справочника по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности» («Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency»), подготовленного в порядке реализации Директивы 2008/1/ЕС по комплексному предотвращению и контролю загрязнений

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 1
4 Основные характеристики производства изделий из стекла . . . 2
4.1 Основные положения . . . 2
4.2 Производство тарного стекла . . . 3
4.2.1 Энергопотребление производства тарного стекла . . . 3
4.3 Производство сортового стекла . . . 3
4.3.1 Энергопотребление производства сортового стекла . . . 4
5 Применение наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности производства сортового и тарного стекла . . . 4
5.1 Общие положения . . . 4
5.2 Регенеративные печи . . . 4
5.3 Рекуперативные печи . . . 4
5.4 Принудительное кислородное дутье . . . 5
5.5 Стекловарение с комбинированным использованием ископаемых топлив и электроэнергии . . . 5
5.6 Стекловарение в электрических печах . . . 6
5.7 Периодическое плавление шихты . . . 6
5.8 Выбор методов стекловарения и конструкции печи . . . 7
5.9 Управление горением и выбор источника энергии . . . 8
5.10 Уменьшение отношения воздух — топливо . . . 8
5.11 Использование стеклобоя . . . 8
5.12 Котлы-утилизаторы избыточной теплоты . . . 9
5.13 Подогрев шихты и стеклобоя . . . 9
Приложение А (справочное) Основные входные и выходные параметры для натрий-кальций-силикатного стекла, свинцового хрусталя и тарного стекла, характерные для предприятий государств — членов ЕС . . . 11
Библиография . . . 14

Введение

Сжигание ископаемого топлива для получения энергии является основным антропогенным источником парниковых газов, оказывающим влияние на изменение климата. Продолжающееся масштабное потребление невозобновляемых запасов ископаемого топлива и необходимость обеспечения устойчивости эколого-экономических систем повышают приоритет вопросов, связанных с производством и потреблением энергии.

Применение наилучших доступных технологий (НДТ) является наиболее быстрым, результативным и экономически эффективным подходом к решению вопросов энергоэффективности.

В 2006 г. Правительство Российской Федерации одобрило Концепцию развития национальной системы стандартизации. В условиях глобализации экономических отношений национальная система стандартизации призвана обеспечить баланс интересов государства, хозяйствующих субъектов, общественных организаций и потребителей, повысить конкурентоспособность российской экономики, создать условия для развития предпринимательства на основе повышения качества товаров, работ и услуг.

Стандартизация является ключевым фактором поддержки государственной социально-экономической политики, способствует развитию добросовестной конкуренции, инноваций, снижению технических барьеров в торговле, повышению уровня безопасности жизни, здоровья и имущества граждан, обеспечивает охрану интересов потребителей, окружающей среды и экономию всех видов ресурсов.

Стандартизация в качестве одного из элементов технического регулирования призвана внести значительный вклад в экономическое развитие страны, при этом роль и принципы стандартизации в условиях реформирования российской экономики должны быть адекватны происходящим переменам и соответствовать международной практике.

Одним из основополагающих принципов стратегии развития национальной системы стандартизации является применение международных стандартов как основы разработки национальных стандартов, за исключением случаев, когда такое применение признано нецелесообразным.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» в настоящее время ведется активная работа по совершенствованию законодательной и нормативно-методической базы, направленной в том числе на стимулирование применения НДТ, адаптированных к российским условиям.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р утверждена Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Президентом Российской Федерации подписан Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1].

Применение НДТ предполагает существенное повышение показателей энергоэффективности и экологической эффективности хозяйственной деятельности, что полностью соответствует государственной политике Российской Федерации.

За рубежом с момента вступления в силу Директивы 96/61/ЕС внедрение НДТ эффективно осуществляется во всех отраслях промышленности. Принятая в 2010 г. Директива 2010/75/ЕС о промышленных выбросах, отменяющая Директиву 96/61/ЕС с 1 января 2016 г., сохранила положение о необходимости применения НДТ.

В настоящем стандарте приведены рекомендации по практическому применению и возможности использования НДТ повышения энергоэффективности при производстве сортового и тарного стекла в соответствии со справочными документами по НДТ.

НДТ повышения энергоэффективности, указанные в настоящем стандарте, могут быть использованы производителями сортового и тарного стекла при проектировании новых предприятий для повышения результативности своей работы с учетом мирового опыта, накопленного в данной отрасли (см. приложение А).

Настоящий стандарт разработан для адаптации отраслевого европейского справочника по НДТ к российским условиям.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ПРОИЗВОДСТВО СОРТОВОГО И ТАРНОГО СТЕКЛА

Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности

Resources saving. Production of domestic and container glass.
Best available techniques for improving energy efficiency

Дата введения — 2012—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на проектирование новых предприятий по производству сортового и тарного стекла и проведение процедуры оценки воздействия на окружающую среду и государственной экспертизы соответствующей документации [2, 3].

Настоящий стандарт содержит практические рекомендации по применению и использованию существующих и адаптированных к российским условиям наилучших доступных технологий (НДТ) повышения энергоэффективности производства сортового и тарного стекла, приведенных в справочных документах [4—7]. В настоящем стандарте приведены основные характеристики адаптированных к российским условиям НДТ повышения энергоэффективности производства сортового и тарного стекла [4, 5].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р ИСО 9000—2008 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

ГОСТ Р ИСО 14050—2009 Менеджмент окружающей среды. Словарь

ГОСТ Р 50831—95 Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования

ГОСТ Р 51387—99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения

ГОСТ Р 52104—2003 Ресурсосбережение. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 9000, ГОСТ Р ИСО 14050, ГОСТ Р 50831, ГОСТ Р 51387, ГОСТ Р 52104, федеральному закону [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

3.1 **наилучшая доступная технология;** НДТ: Технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов.

Примечания

1 НДТ означает наиболее эффективную и передовую стадию в развитии производственной деятельности и методов эксплуатации объектов, которая обеспечивает практическую пригодность определенных технологий для предотвращения или, если это практически невозможно, обеспечения общего сокращения выбросов/сбросов и образования отходов. Учет воздействий на окружающую среду производится на основе предельно допустимых выбросов/сбросов.

2 При реализации НДТ, имеющей установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов, достигается наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу произведенной продукции (работы, услуги).

3 «Наилучшая» означает технологию, наиболее эффективную для выпуска продукции с достижением установленного уровня защиты окружающей среды.

4 «Доступная» означает технологию, которая разработана настолько, что она может быть применена в конкретной отрасли промышленности при условии подтверждения экономической, технической, экологической и социальной целесообразности ее внедрения. «Доступная» применительно к НДТ означает учет затрат на внедрение технологии и преимуществ ее внедрения, а также означает, что технология может быть внедрена в экономически и технически реализуемых условиях для конкретной отрасли промышленности.

5 В отдельных случаях часть термина «доступная» может быть заменена словом «существующая», если это определено законодательством Российской Федерации.

6 «Технология» означает как используемую технологию, так и способ, метод и прием, которым объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации перед его ликвидацией с утилизацией обезвреженных частей и удалением опасных составляющих.

7 К НДТ относятся, как правило, малоотходные и безотходные технологии.

8 Как правило, НДТ вносят в государственный реестр НДТ.

[ГОСТ Р 54097—2010, пункт 3.1]

3.2 **государственный реестр НДТ:** Систематизированный банк данных о наилучших доступных технологиях, содержащий характеристики технологий и соответствующие технологические, экологические, социальные нормы и нормативы.

[ГОСТ Р 54097—2010, пункт 3.9]

3.3 **нормативы в области охраны окружающей среды (природоохранные нормативы):** Установленные нормативы качества окружающей среды, нормативы допустимого воздействия на окружающую среду и технологические нормативы.

3.4 **технологический показатель:** Показатель, характеризующий технологию с точки зрения ее соответствия наилучшей доступной технологии. Технологические нормативы воздействия на окружающую среду определяются для НДТ и устанавливаются в государственном реестре НДТ.

4 Основные характеристики производства изделий из стекла

4.1 Основные положения

Технологический процесс производства изделий из стекла состоит из нескольких этапов. На первом этапе происходит подготовка сырьевых материалов (дробление, сушка, просеивание). Затем сырьевые материалы используют для приготовления шихты (дозируют и смешивают компоненты в соответствии с требованиями к составу и свойствам конечной продукции). В зависимости от назначения стекла сырье для его изготовления содержит различные оксиды и минералы. Кремнезем, являющийся основной составной частью неорганического стекла, входит в шихту в виде кварцевого песка (реже — в виде молотого кварца). Для варки высококачественных прозрачных стекол песок очищают физико-химическими способами. В состав шихты вводят также соединения кальция, бора, фосфора, алюминия. Вспомогательные материалы — это осветлители, обесцвечиватели, глушители, красители и восстановители.

Процесс стекловарения — процесс получения однородного расплава — условно разделяют на несколько стадий: образование силикатов, стеклообразование, осветление, гомогенизацию и охлаждение.

На первой стадии происходит плавление компонентов, образуется жидкая фаза, содержащая силикаты и промежуточные соединения. Этот этап завершается при 1100 °С—1200 °С.

На стадии стеклообразования при 1200 °С—1250 °С растворяются остатки шихты, происходит взаимное растворение силикатов, удаляется пена и образуется однородная стекломасса, насыщенная, однако, газовыми включениями.

На стадии осветления (1500 °С—1600 °С, длительность — до нескольких суток) происходит удаление из расплава газовых пузырей. Одновременно с осветлением происходит гомогенизация.

На стадии охлаждения проводят подготовку стекломассы к формованию, для чего равномерно снижают температуру на 400 °С—500 °С и достигают необходимой вязкости стекломассы.

Формование изделий из стекломассы при производстве сортового и тарного стекла осуществляют различными методами — прессованием, прессвыдуванием, выдуванием и другими с использованием специальных стеклоформующих машин.

Так как около 75 % потребления энергии в производстве стекла расходуется на процесс стекловарения, при повышении энергоэффективности основное внимание следует уделять именно этому этапу производства.

4.2 Производство тарного стекла

Производство тарного стекла развито практически во всех регионах Российской Федерации и охватывает предприятия, значительно различающиеся по мощности и ассортименту выпускаемой продукции. Однако практически вся продукция производится исключительно из натрий-кальций-силикатного стекла, и различия используемых сырьевых материалов ограничены. Отношение входного потока сырьевых материалов к получаемой стекломассе может отличаться в зависимости от доли используемого стеклобоя, что влияет на газообразные потери сырьевых материалов при стекловарении. Сушка и угар шихты могут определять потери от 3 % до 20 % входного потока, и 1 т стеклобоя заменяет приблизительно 1,2 т шихты. Доля стеклобоя составляет от 50 % до более чем 90 %, когда основную долю отходов стекла направляют на переработку в печи.

4.2.1 Энергопотребление производства тарного стекла

Энергия, необходимая для стекловарения, обычно составляет более 75 % общего энергопотребления производства тарной продукции из стекла. Другими значимыми областями, связанными с потреблением энергии, являются питатели, процесс формования (сжатый воздух и воздушное охлаждение форм), отжиг, обогрев и обеспечение предприятия. Диапазон энергопотребления, встречающийся на предприятиях по производству тарного стекла, чрезвычайно широк (только на стекловарение — от 3,2 до 12,2 ГДж/т стекломассы), но, по имеющимся оценкам, большинство предприятий относится к диапазону от 5,5 до 9,0 ГДж/т стекломассы и от 7,5 до 11,0 ГДж/т готовой продукции. Для некоторых видов продукции очень высокого качества последняя величина может быть значительно выше.

4.3 Производство сортового стекла

Предприятия, производящие сортовое стекло, крайне неоднородны, что определяет значительные различия во входных и выходных характеристиках процессов. При производстве продукции из натрий-кальций-силикатного стекла выход годных изделий составляет от 50 % до 90 % (в среднем 85 %) входящих сырьевых материалов, для свинцового хрусталя это отношение составляет от 35 % до 80 % (в среднем 75 %). Более низкое значение для свинцового хрусталя обусловлено совокупностью различных факторов, среди которых большая доля резки и полировки и более строгие требования к качеству. При производстве других типов сортового стекла (хрустального, опалового, боросиликатного) это отношение находится в пределах диапазона, заданного этими двумя типами продукции.

Общее энергопотребление производства свинцового хрусталя может достигать 60 ГДж/т готовой продукции, при этом расчетное энергопотребление составляет только 2,5 ГДж/т. Различие объясняется множеством факторов, главные из которых следующие:

- высокие требования к качеству, приводящие к более низкой доле годных изделий. Горшок медленно растворяется стеклом, что приводит к образованию свилей или появлению камня в стекле;
- стекло часто обрабатывают вручную, и выход формования также может быть ниже 50 %; кроме того, может потребоваться дополнительный нагрев изделия при формовании;
- горшки должны быть прогреты до высокой температуры до использования, и они имеют очень ограниченный эксплуатационный ресурс по сравнению с печами непрерывного действия.

4.3.1 Энергопотребление производства сортового стекла

Анализ энергопотребления производства сортового стекла осложнен разнообразием предприятий, применяемых процессов, их мощности, а также широким спектром видов выпускаемой продукции. Крупносерийное производство столовой посуды из натрий-кальций-силикатного стекла имеет сходство с производством тарного стекла и характеризуется сравнимым распределением энергопотребления. Большая доля энергии расходуется на обработку (в частности, на огневую полировку). Удельное энергопотребление в этом виде экономической деятельности выше, чем в производстве тарного стекла, из-за меньшего размера печей, несколько более высоких температур в печи и большего, до 1,5 раза, обращения стекломассы в объеме бассейна печи.

Некоторые процессы, в частности производство свинцового хрусталя, осуществляются в намного меньших масштабах и даже с применением горшковых печей. Электроварка свинцового хрусталя позволяет использовать огнеупоры высокого качества, обеспечивающие намного более высокое качество стекла и поэтому меньшую долю брака стекла и лучшее соотношение выхода в годное. Поскольку электроварку осуществляют в непрерывном режиме, обычно ее применение связано с применением автоматического формования. Эти факторы могут обеспечить энергопотребление в рамках 25 ГДж/т продукции. Другие непрерывные методы стекловарения могут обеспечить сходное, но более низкое энергопотребление.

5 Применение наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности производства сортового и тарного стекла

5.1 Общие положения

Производство стекла — чрезвычайно энергоемкий процесс, поэтому источник энергии, методы нагрева и утилизации теплоты являются определяющими для разработки конструкции печи, энергоэффективности и экономической эффективности процесса. Те же факторы определяют экологическую результативность процесса [4, 5].

Выбор метода стекловарения определяется экономическими и технологическими факторами, основные из которых следующие: требуемая производительность, состав стекла, связанные капитальные и текущие затраты в течение продолжительности кампании печи, в т.ч. цены на топливо, существующая инфраструктура. При этом технологические и экономические требования являются определяющими. Важная часть текущих расходов — энергопотребление, и обычно выбирают наиболее энергоэффективную возможную конструкцию.

5.2 Регенеративные печи

Печи этого типа обычно более эффективны по сравнению с другими традиционными типами печей, использующих ископаемые топлива, так как система подогрева воздуха для сжигания топлива в регенеративной печи обеспечивает нагрев до 1400 °С. Низкое энергопотребление на тонну стекломассы приводит к снижению удельных выбросов загрязняющих веществ и CO_2, но более высокие температуры подогрева воздуха приводят к увеличению образования оксидов азота NO_x.

Печи с подковообразным направлением пламени обычно характеризуются лучшей энергоэффективностью и более низкими уровнями выбросов по сравнению с другими регенеративными печами. Их конструкция также несколько дешевле, хотя обеспечивает меньше возможностей управления распределением температур в печи.

Высокие капитальные затраты на регенеративные печи обусловливают экономическую целесообразность их применения для больших объемов производства (обычно более 100 т стекломассы в сутки). Для печей со съемом более 500 т стекломассы в сутки и для всех печей флоат-процесса для того, чтобы обеспечить лучший контроль температур по длине печи, обычно используют поперечное направление пламени.

5.3 Рекуперативные печи

Рекуперация — распространенный метод утилизации теплоты, обычно используемый на малых печах. В рекуперативных печах поступающий воздух нагревается непрямым образом за счет пропускания через металлический (или в исключительных случаях керамический) теплообменник. Поскольку температуры подогрева для металлических рекуператоров ограничены величиной 800 °С, рекуперативные печи менее эффективны с точки зрения использования энергии по сравнению с регенеративными. Тем не менее они позволяют использовать значительную долю теплоты дымовых газов. Повышение энергоэффективности возможно за счет дополнительных мер, например электроподогрева котлов-утилизаторов избыточной теплоты, предварительного подогрева газа, а также шихты и стеклобоя. Более

низкие температуры нагрева воздуха позволяют достичь хороших результатов в отношении контроля образования NO_x. Одним из следствий применения этого метода является то, что удельная производительность рекуперативных печей ограничена величиной 2 т/м^2 · сут, что существенно ниже типичной производительности регенеративных печей, составляющей 3,0—3,3 т/м^2 · сут.

Поскольку эксплуатация печи прямого нагрева относительно недорога и ее конструкция позволяет обеспечить очень хорошую управляемость распределением температур в стекловаренном бассейне, такие печи применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую гибкость процесса с минимальными капитальными затратами, в особенности в тех случаях, когда объем производства слишком мал для того, чтобы оправдать применение регенераторов. Он больше подходит для печей малого объема, хотя известны и рекуперативные печи большой производительности (до 400 т/сут).

5.4 Принудительное кислородное дутье

Метод основан на замене воздуха для горения кислородом (чистотой выше 90 %). Удаление основной доли азота из атмосферы горения ведет к уменьшению объема дымовых газов на 75 %—80 % в зависимости от чистоты используемого кислорода. В результате обеспечивается экономия энергии, поскольку нет необходимости в нагревании атмосферного азота до температуры пламени. Масштаб достигаемых результатов зависит от сравниваемых печей и рассмотрен ниже. Естественно, существенно снижается и образование NO_x, источниками которого служат остаточный азот в подающемся кислороде (криогенный метод: меньше 0,5 %; вакуумный: 4 %—6 %), азот в топливе (содержание в природном газе 2 %—15 %), азот, выделяющийся в результате разложения нитратов, и азот из подсосов воздуха через неплотности в огнеупорной кладке. В связи с высокими температурами пламени остаточный азот легче преобразуется в NO_x, и даже относительно низкие концентрации N_2 приводят к значительным выбросам NO_x.

В целом печи с принудительным кислородным дутьем основаны на конструкции печи прямого нагрева, имеют несколько боковых горелок и один порт дымовых газов. Современные печи имеют конструкцию, оптимизированную для использования кислорода и минимизации образования NO_x. Однако в печах с принудительным кислородным дутьем не используют методы утилизации избыточной теплоты для нагрева поступающего на горение кислорода в связи с требованиями безопасности.

Дымовые газы на выходе из печи имеют довольно высокую температуру — 1200 °С—1300 °С, и обычно требуется их охлаждение. Из-за высокого содержания воды и концентрации веществ, вызывающих коррозию (например, хлоридов и сульфатов), охлаждение обычно осуществляют за счет разбавления воздухом.

Горелки для принудительного кислородного дутья должны иметь специальную конструкцию, отличную от традиционных газовоздушных систем; наилучшими являются высокоспециализированные горелки с низким образованием NO_x, специально разработанные для стекловарения. Ниже перечислены основные характеристики систем:

- более длинное и широкое пламя, имеющее большую светимость и дающее более глубокую и однородную теплопередачу;
- более плоское пламя с широкой областью покрытия;
- задержанное перемешивание топлива и кислорода для уменьшения пиковых температур пламени в зоне высоких концентраций O_2;
- не требуется водяное охлаждение;
- возможна настройка мощности и формы пламени;
- могут быть использованы различные виды топлив.

Экономия энергии может превышать 50 % на малых, не эффективных с тепловой точки зрения печах. Для средней по размеру рекуперативной печи без применения специальных мер по экономии энергии при стандартном уровне теплоизоляции и использовании только внутреннего стеклобоя переход на принудительное кислородное дутье позволит снизить потребление энергии на 20 %—50 % (обычно в диапазоне 25 %—35 %). Однако для больших энергоэффективных регенеративных печей с оптимизированными тепловыми характеристиками экономия будет намного меньшей (в диапазоне 5 %—10 %) и потенциально стремящейся к нулю. В таком случае маловероятно, что экономия энергии скомпенсирует стоимость кислорода.

5.5 Стекловарение с комбинированным использованием ископаемых топлив и электроэнергии

Существуют два подхода к комбинированному использованию для стекловарения ископаемых топлив и электроэнергии, а именно:

- нагрев за счет использования энергии топлива и нагрев с помощью электроэнергии;

- стекловарение с использованием электроэнергии и вспомогательным нагревом с использованием топлива.

Оборудование для электроподогрева установлено на многих печах и может обеспечивать от 2 % до 20 % общей энергии на стекловарение. В производстве тарного стекла, так же как и при производстве листового стекла, использование электроподогрева обычно ограничивается стоимостью электроэнергии и составляет менее 5 %.

Высокая стоимость электроэнергии, связанная с электроподогревом, обычно означает, что этот метод может быть использован только как средство обеспечения необходимых параметров технологического процесса при условии экономической эффективности. В частности, электроподогрев можно использовать для улучшения конвективных потоков в объеме стекломассы, что приводит к интенсификации теплопередачи и способствует осветлению стекломассы.

5.6 Стекловарение в электрических печах

Экономическая целесообразность использования электрических печей зависит в основном от разницы цен на электроэнергию и ископаемые топлива. Электрические печи чрезвычайно теплоэффективны, обычно они требуют в 2—4 раза меньше энергии, чем традиционные топливные печи, и чем меньше печи, тем больше это различие. Кроме того, обычно электрические печи обеспечивают больший удельный съем стекломассы с площади варочного бассейна.

Электрические печи требуют значительно меньших капитальных затрат на установку и ремонт по сравнению с традиционными печами, что частично компенсирует высокие текущие расходы. Однако такие печи выдерживают меньшую продолжительность кампании до ремонта или полного восстановления; продолжительность кампании составляет от 2 до 6 лет по сравнению с 10—12 годами для традиционных печей. Для малых (10—50 т стекломассы в сутки) печей из-за относительно высоких потерь теплоты в топливных печах электрические печи могут быть более конкурентоспособны.

Существует верхний предел целесообразности использования электрических печей, тесно связанный с более высокой стоимостью электроэнергии:

- использование электрических печей мощностью меньше 75 т обычно может быть оправдано;
- использование электрических печей мощностью в диапазоне от 75 до 150 т стекломассы в сутки может быть оправдано в определенных условиях;
- использование электрических печей мощностью более 150 т стекломассы в сутки обычно не может быть оправдано.

Электрические печи могут применяться в различных подотраслях стекольной промышленности и широко используются, в частности, при производстве специальных стекол, сортовой посуды и в меньшей степени при производстве тарного стекла. Метод также широко используют для производства стекла в тех случаях, когда это потенциально связано с высокой летучестью и токсичностью (например, при производстве хрусталя или опалового стекла), и для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Обычно электрические печи обеспечивают гомогенное стекло высокого качества, что может быть определяющим для использования метода при производстве сортовой посуды и специальных стекол.

Низкие потери сырьевых материалов, характерные для использования этого метода, облегчают утилизацию уловленной средозащитным оборудованием шихты, а также снижают потери материалов, в особенности значимые для токсичных и/или дорогих материалов, в частности оксидов свинца, фторидов, соединений мышьяка, тетрабората натрия и т.п.

Полная замена процесса сжигания ископаемых топлив устраняет выделение продуктов горения, в частности NO_x, диоксида углерода, диоксида серы. Однако если учитывать эффективность процессов производства и передачи электроэнергии и связанное с ними выделение загрязняющих веществ, использование электроэнергии для стекловарения является менее эффективным с точки зрения минимизации воздействия на окружающую среду и, в частности, выделения парниковых газов.

5.7 Периодическое плавление шихты

Традиционно используемым для периодического производства малых объемов стекла методом является применение горшковой печи, хотя ванные печи периодического действия также приобретают популярность. Выбор метода определяется условиями конкретной установки, в особенности требуемым объемом производства, числом различных используемых составов стекла, а также требованиями клиентов. Основным методом минимизации воздействия на окружающую среду, применимым к таким печам, является оптимизация состава шихты и методов сжигания топлива. В связи с конструкцией горшковых печей эти методы обычно будут давать лучшие результаты для ванных печей периодического действия и частично непрерывных печей. Там, где это возможно по техническим и экономическим соображениям, следует использовать ванные печи периодического действия или частично непрерывные

печи, поскольку они обычно позволяют обеспечить большую эффективность использования энергии и меньшие выбросы вредных веществ.

5.8 Выбор методов стекловарения и конструкции печи

Выбор метода стекловарения является одним из ключевых факторов, определяющих энергоэффективность.

Для обычных печей, использующих ископаемые топлива, основной особенностью конструкции является способ утилизации теплоты дымовых газов для нагрева поступающего воздуха с помощью регенераторов или рекуператоров. Другим существенным фактором является размер печи.

Регенеративные печи позволяют достичь более высоких, вплоть до 1400 °С, температур подогрева воздуха по сравнению с рекуперативными печами (дающими температуру порядка 800 °С), что обеспечивает большую эффективность стекловарения. Чаще всего регенеративные печи больше по размерам, чем рекуперативные, что также делает их в целом более эффективными. Современная регенеративная печь для производства тарного стекла может иметь общую тепловую эффективность около 50 %, потери теплоты с дымовыми газами около 20 % и структурные потери, отвечающие за основную долю оставшейся теплоты. При этом тепловая эффективность рекуперативной печи без дополнительной утилизации теплоты будет ближе к 20 %.

Регенеративные печи могут иметь подковообразное или поперечное направление пламени. Печи с подковообразным направлением пламени имеют более высокую тепловую эффективность (выше на величину вплоть до 10 %), но возможности управления горением в таких печах ограничены, и существует верхний предел размеров печи такого типа (в настоящее время около 150 м^2 для производства тарного стекла). Печи флоат-процесса менее эффективны, чем печи производства тарного стекла из-за значительно меньшего удельного съема стекломассы в связи с требованиями к качеству.

Использование избыточной энергии с помощью регенераторов может быть максимизировано путем увеличения количества огнеупорных элементов регенеративных насадок в камерах. На практике это может быть реализовано посредством увеличения камер регенераторов или создания раздельных, но связанных между собой камер, получивших название многопроходных регенераторов. По мере приближения к возможному максимуму утилизации теплоты эффективность таких мер падает. Принципиальным ограничением является стоимость дополнительного огнеупорного материала, а в случае действующих печей — ограничения доступного пространства и дополнительные затраты на изменение инфраструктуры печи. Этот принцип чаще реализуется для печей с подковообразным направлением пламени в связи с более простой геометрией регенераторов, хотя его применяли и на печах с поперечным направлением пламени. Модификация структуры регенераторов на действующих печах (если это технически и экономически целесообразно) может быть выполнена только в ходе холодного ремонта. Энергопотребление может быть снижено на величину вплоть до 15 % по сравнению с аналогичной печью с обычными однопроходными регенераторами.

Значительная доля дополнительного огнеупорного материала, использованного для увеличения регенераторов, выдерживает две и более кампании, таким образом снижая капитальные затраты. Хотя потенциально повышение температуры подогрева воздуха может приводить к повышению температуры пламени и, следовательно, увеличению образования NO_x, на практике, если применяются меры по контролю образования NO_x, печи с многопроходными регенераторами не отличаются от обычных по выбросам NO_x.

Существует большое количество новых материалов, предназначенных для сохранения теплоты и ее передачи в блоках регенераторов. Самым простым решением является использование огнеупорных кирпичей, установленных в шахматном порядке, что обычно обеспечивает эффективность регенератора порядка 50 % (отношение утилизированной теплоты к теплоте, содержащейся в дымовых газах). Однако теплопередача может быть увеличена путем использования насадочных элементов, изготовленных из электроплавленных огнеупоров крестообразной формы, обеспечивающих сокращение расхода топлива на 7 % по сравнению с печами, оснащенными ренегеративными насадками, изготовленными из обычных огнеупорных элементов в форме кирпичей. Кроме того, такие материалы более устойчивы к химическому воздействию агрессивных веществ в дымовых газах и обеспечивают существенно меньшее снижение эффективности регенераторов за период кампании печи.

Максимальная теоретическая эффективность регенераторов составляет 80 %. На практике эффективность ограничивается ростом структурных потерь по мере увеличения размеров регенераторов. Строительство регенераторов с эффективностью выше 70 %—75 % неосуществимо.

Улучшение качества огнеупорных материалов позволяет обеспечить большую продолжительность кампаний печей с лучшим уровнем теплоизоляции. Максимальные температуры, при которых может функционировать печь, в прошлом являлись сдерживающим фактором для ее хорошей теплоизо-

ляции. Теплоизоляция проектируется с учетом всех характеристик печи (ее изолируемой части, температуры, типа стекла и т.п.). Не все части печи могут быть изолированы. Кладка стекловаренного бассейна на уровне линии зеркала стекломассы и в районе протока должна быть открыта для того, чтобы обеспечить охлаждение и продлить кампанию печи. Большинство огнеупорных материалов для печей, используемых в контакте со стекломассой и для строительства печи, изготовляют путем литья, они имеют очень высокую плотность и малую пористость и поэтому устойчивы к расплаву стекла и агрессивным компонентам дымовых газов. Они также имеют более высокую теплопроводность и в целом требуют более высокой теплоизоляции, тем самым способствуя значительной экономии энергии. При производстве натрий-кальций-силикатного стекла свод печи изготовляют из динаса и плотно изолируют. При этом максимальная температура в печи составляет 1600 °С—1620 °С.

Дополнительная изоляция может быть нанесена на некоторые участки печи без заметного риска для ее структуры. Изоляция напылением волокна может существенно снизить потери теплоты, если ее нанести на структуру регенераторов. Этот простой и экономически эффективный метод позволяет снизить структурные потери теплоты регенераторов на 50 % и обеспечить экономию энергии порядка 5 %.

5.9 Управление горением и выбор источника энергии

Наиболее распространенным топливом для производства стекла в России является природный газ. Использование природного газа ведет к более низким выбросам SO_x, но обычно более высоким выбросам NO_x. Это связано с тем, что пламя природного газа обладает меньшей светимостью и обычно приводит к большему, приблизительно на 7 %—8 %, потреблению энергии. Однако с накоплением опыта использования природного газа уровни результативности постепенно растут и позволяют достичь величин, сравнимых с использованием жидкого топлива. Природный газ также имеет более высокое отношение доли водорода к углероду и, таким образом, приводит к меньшим, вплоть до 25 %, выбросам CO_2 при фиксированном съеме стекломассы.

Развитие систем с низким выделением NO_x при сжигании также привело к экономии энергии. При уменьшении количества воздуха горения до уровня, близкого к стехиометрическому отношению, снижаются потери теплоты с дымовыми газами. Улучшения в системах горения, теплообмена и общие усовершенствования в управлении процессом, направленные на снижение выбросов NO_x, во многих случаях также привели к более стабильному функционированию и повышенной результативности печей.

Метод обогащения кислородом воздуха горения часто используют для повышения энергоэффективности и увеличения съема стекломассы. Уменьшение объемов газа и более высокие температуры пламени способствуют росту эффективности использования энергии топлива. Если не используют системы, обеспечивающие низкое образование NO_x, уровень выбросов NO_x существенно возрастает, что ограничивает использование этого метода.

5.10 Уменьшение отношения воздух — топливо

Обычно печи работают при избытке воздуха в 5 %—10 % (т. е. при избытке кислорода в 1 %—2 %) для обеспечения полного сгорания. Путем снижения соотношения воздух — топливо до уровней, близких к стехиометрическим, можно достичь существенной экономии энергии и снижения образования NO_x. Для того чтобы эффективно использовать этот метод, необходимо постоянно контролировать содержание NO, CO и O_2 в дымовых газах. Если горение окажется ниже стехиометрического, возрастет концентрация CO, изменятся окислительно-восстановительные условия стекломассы и может ускориться разрушение огнеупоров.

Это изменение должно вводиться аккуратно и постепенно, с тем чтобы избежать проблем и достичь лучших результатов. В некоторых случаях (например, в рекуперативных печах), если рассматривать стехиометрию печи в целом, некоторые горелки в самых горячих частях печи могут работать с избытком топлива, другие в более холодных — с небольшим избытком воздуха. Избыток воздуха в печи определяется как количеством принудительно подаваемого воздуха, так и возможным подсосом через места установки горелок и загрузочный карман. Места установки горелок достаточно легко герметизировать; также возможно принятие мер для избежания подсоса воздуха через загрузочный карман.

5.11 Использование стеклобоя

Использование стороннего стеклобоя при производстве стекла может существенно снизить потребление энергии и может осуществляться на всех типах печей, использующих ископаемые топлива, принудительное кислородное дутье или электроподогрев. Большинство подотраслей в нормальном режиме вторично используют весь внутренний стеклобой. Доля стеклобоя в загружаемом объеме обычно находится в диапазоне от 10 % до 25 %.

Добавление стеклобоя в состав шихты снижает энергопотребление при плавлении, поскольку он уже прошел эндотермические реакции, связанные с формированием стекла, и его масса меньше эквива-

лентного количества шихты приблизительно на 20 %. Увеличение доли стеклобоя в загружаемых материалах потенциально позволяет сэкономить энергию; общепринято, что каждые дополнительные 10 % стеклобоя приводят к снижению потребления энергии печью на 2,5 %—3,0 %. Использование стеклобоя также обычно приводит к значительному снижению затрат, поскольку уменьшается потребление энергии и сырьевых материалов.

Внутренний, технологический стеклобой (стекло, полученное с производственных линий) и сторонний, покупной стеклобой (вторично перерабатываемое стекло, полученное от потребителей или других промышленных источников) принципиально отличаются. Состав стороннего стеклобоя менее точно определен, что ограничивает его применение. Строгие требования к качеству продукции могут ограничивать долю стороннего стеклобоя, которую можно использовать в производстве. Производство тарного стекла имеет уникальную возможность использования значительного количества стороннего стеклобоя, полученного в рамках различных схем утилизации стеклянных бутылок.

При производстве сортового стекла требования к качеству не дают использовать в производстве сторонний стеклобой. Использование внутреннего стеклобоя определено доступностью стеклобоя требуемого качества и состава. В среднем доли используемого внутреннего стеклобоя в загружаемых материалах составляет около 25 % для натрий-кальций-силикатного стекла и 35 % для свинцового хрусталя.

Для производства бесцветного стекла допустим очень низкий процент окрашенного стекла, поскольку окрашенное стекло не может быть обесцвечено. Поэтому схемы вторичной переработки стекла более эффективны, если включают разделение по цветам.

5.12 Котлы-утилизаторы избыточной теплоты

Метод основан на пропускании дымовых газов напрямую через соответствующий водотрубный котел для производства пара. Пар может использоваться для обогрева помещений или емкостей и трубопроводов мазута или посредством турбины для производства электроэнергии или приведения в движение оборудования, например компрессоров или вентиляторов секционных машин.

Дымовые газы, поступающие от регенераторов или рекуператоров, имеют температуру в диапазоне от 600 °С до 300 °С. Температура на выходе из котла-утилизатора определяет возможности утилизации теплоты и ограничена приблизительно 200 °С из-за риска конденсации в котле и для обеспечения функционирования дымовой трубы. Трубы котла подвержены воздействию дымовых газов печи [на них могут образовываться отложения различных материалов (например, сульфата натрия)] и должны периодически очищаться для поддержания эффективности утилизации теплоты. Впрочем, это становится менее важным, если котлы-утилизаторы в технологической цепи установлены после пылеулавливающего оборудования.

Применимость и экономическая целесообразность применения этого метода определяются общей эффективностью, которой можно достичь за счет его применения, с учетом эффективности использования полученного пара. На практике котлы-утилизаторы используют только совместно с регенеративными и рекуперативными стекловаренными печами. Во многих случаях утилизируемой теплоты недостаточно для эффективного получения энергии. Обычно возможно ее использование только на рекуперативных печах, в больших установках или в тех случаях, когда удается объединить дымовые газы нескольких печей.

5.13 Подогрев шихты и стеклобоя

Обычно шихту и стеклобой вводят в печь в холодном состоянии, однако существует возможность подогрева шихты и стеклобоя за счет использования избыточной теплоты дымовых газов, что обеспечивает существенную экономию энергии. Метод применим только на топливных стекловаренных печах.

Прямой подогрев основан на использовании прямого контакта между дымовыми газами и сырьем (стеклобоем и шихтой) при противоположном их движении. Дымовые газы поступают из канала за регенератором. Они пропускаются через выемки в подогревателе, таким образом вступая в непосредственный контакт с сырьевыми материалами. При этом достигается нагрев стеклобоя до 400 °С. Система включает и обходной канал, позволяющий продолжать работу в тех случаях, когда работа подогревателя неэффективна или невозможна.

Непрямой подогреватель представляет собой противоточный теплообменник с теплообменом через пластину, на которой нагреваются сырьевые материалы. Он спроектирован в виде отдельных модулей и состоит из отдельных теплообменников, располагаемых друг над другом. Модули делятся на горизонтальные протоки для дымовых газов и вертикальные — для сырьевых материалов. В протоках сырьевых материалов они движутся сверху вниз под действием силы тяжести. В зависимости от пропускной способности скорость поступающих сырьевых материалов может достигать 1—3 м/ч; при этом они обычно нагреваются приблизительно до 300 °С. Дымовые газы подводятся к нижней части теплооб-

менника и направляются вверх через специальные каналы. В отдельных модулях дымовые газы движутся горизонтально. Обычно они охлаждаются приблизительно до 270 °С—300 °С.

Электрофильтр со слоем гранулята — комбинация электрофильтра для удаления пыли и прямого подогревателя стеклобоя. Горячие дымовые газы направляются в верхнюю часть системы и проходят ионизаторы, заряжающие частицы пыли. Газы затем проходят через слой гранулированного стеклобоя, поляризованный высоковольтным электродом. Заряженные частицы пыли притягиваются стеклобоем, на котором они и оседают. Стеклобой постоянно загружается в аппарат сверху и после нагрева (вплоть до 400 °С) вместе с осевшими на нем частицами пыли разгружается вниз, в устройство подачи шихты и стеклобоя в печь.

Методы подогрева стеклобоя и шихты приносят существенные положительные результаты: достигается экономия от 10 % до 20 % энергии, снижается выброс NO_x, а при прямом подогреве снижается выброс кислых газов: SO_2, HF и HCl на 60 %, 50 % и 90 % соответственно. Метод позволяет увеличить производительность печи на 10 %—15 % без снижения продолжительности кампании. Однако если не увеличить съем, срок службы печи может сократиться. Как уже упоминалось, метод позволяет снизить необходимость в электроподогреве. В связи с использованием стороннего стеклобоя могут возникать проблемы, связанные с неприятным запахом от подогревателя в связи с разложением включений органических материалов в стеклобое.

Системы подогрева стеклобоя и шихты теоретически могут быть установлены на любой стекловаренной печи с долей стеклобоя выше 50 %. Подогрев только шихты проблематичен и не рассматривается как технология, зарекомендовавшая себя на практике. Использование прямого подогрева приводит к увеличению выбросов твердых частиц (до 2000 мг/нм^3) и необходимости установки оборудования для их удаления; собранную пыль обычно направляют в печь. Для того чтобы снизить потери теплоты при транспортировке после теплообменника, следует располагать его как можно ближе к загрузочному карману; идеальным будет расположение непосредственно над загрузчиком. По экономическим причинам температура используемых дымовых газов должна быть не ниже 400 °С—450 °С. Более того, они должны охлаждаться по крайней мере на 200 °С—250 °С. Во избежание агломерации шихты максимальная температура дымовых газов не должна превышать 600 °С.

Приложение А
(справочное)

Основные входные и выходные параметры для натрий-кальций-силикатного стекла, свинцового хрусталя и тарного стекла, характерные для предприятий государств — членов ЕС

В таблицах А.1 и А.2 приведены основные входные и выходные параметры для натрий-кальций-силикатного стекла, свинцового хрусталя и тарного стекла, характерные для предприятий государств — членов ЕС [4, 5]. Значения для остальных типов сортового стекла находятся в этом же диапазоне. Показатели таблиц могут использоваться проектировщиками, инженерами российских предприятий, специалистами консультационных компаний и представителями природоохранных организаций в качестве ориентировочных [2, 3].

Таблица А.1 — Обобщенные входные и выходные потоки для процесса изготовления сортового стекла

Входные и выходные потоки	Единицы на 1 т стекломассы	Натрий-кальций-силикатное стекло, диапазон (среднее значение)	Свинцовый хрусталь, диапазон (среднее значение)
Входные потоки			
Энергия, жидкое или газообразное топливо	ГДж	5—14 (9)	0,5—5 (3)
Электроэнергия	ГДж	1—4 (2,5)	1—6 (4)
Песок	т	0,65—0,75 (0,6)	0,20—0,50 (0,42)
Карбонаты	т	0,3—0,42 (0,34)	0,08—0,20 (0,14)
Оксид свинца	т		0,08—0,21 (0,18)
Минеральные вещества — компоненты шихты	т	0,02—0,08 (0,04)	0,005—0,02 (0,01)
Собственный стеклобой	т	0,15—0,4 (0,25)	0,25—0,65 (0,35)
Упаковочные материалы	т	0,06—0,20 (0,1)	0,06—0,20 (0,1)
Формы и прочее	т	0,001—0,003 (0,002)	0,001—0,003 (0,002)
Вода	$м^3$	4—9 (7)	3—70 (7,5)
Фтороводородная кислота (100 %)	кг/т стекла на хим. полировку[*)]		40—130 (65)
Серная кислота (96 %)	т/т HF (100 %)[*)]		1—10 (5)
Гидроксид натрия	т/т HF (100 %)[*)]		0—0,2 (0,1)
Гидроксид кальция	т/т HF (100 %)[*)]		1—10 (4)
Свежая вода на отмывку	т/т HF (100 %)[*)]		0,025—0,07 (0,05)
Выходные потоки			
Готовая упакованная продукция	т	0,5—0,9 (0,85)	0,35—0,8 (0,75)
Выбросы в атмосферу:	кг		
CO_2		150—1000 (700)	150—400 (300)
NO_X		0,9—11 (4,8)	0,9—5,0 (1)
SO_X		0,1—2,8 (0,7)	0,1—1,0 (0,2)
Пыль		0,001—0,8 (0,4)	0,001—0,1 (0,02)
H_2O		60—500 (300)	60—250 (120)
Сточные воды	$м^3$	3,6—9,1 (6,3)	2,7—70 (6,8)
Собственный стеклобой	т	0,15—0,4 (0,25)	0,25—0,65 (0,35)

Окончание таблицы А.1

Входные и выходные потоки	Единицы на 1 т стекломассы	Натрий-кальций-силикатное стекло, диапазон (среднее значение)	Свинцовый хрусталь, диапазон (среднее значение)
Отходы на переработку:	кг	10—60 (30)	10—60 (30)
$PbSO_4O_2PbCO_3$	т/т HF (100 %)[1)]		0,2—1,5 (0,8)
$CaSO_4$	т/т HF (100 %)[1)]		2—20 (7,5)
Другие отходы	кг	6—50 (10)	6—50 (10)
Отходы на захоронение:			
отходы нарезки грани	т/т HF (100 %)[1)]		0,3—0,7 (0,45)
отходы, содержащие тяжелые металлы	т/т HF (100 %)[1)]		0,1—0,5 (0,3)

[1)] Для химической полировки потребление 100 % фтороводородной кислоты используют в качестве основы для получения приведенных (сравнимых) данных, поскольку в этом случае учитывается отношение площади поверхности к объему. Потребление 100 % HF/т стекла, проходящего химическую полировку, будет зависеть от отношения площади поверхности к объему и соответственно от типа полируемых предметов.

Таблица А.2 — Обобщенные входные и выходные потоки для процесса изготовления тарного стекла

Входные и выходные потоки	Единицы на 1 т стекломассы	Диапазон и среднее значение		
		от	до	среднее
Входные потоки				
Возвратный стеклобой	т	0	0,85	0,40
Песок	т	0,04	0,66	0,35
Карбонаты	т	0,02	0,40	0,20
Минеральные добавки — компоненты шихты	т	0,002	0,05	0,02
Огнеупоры печи	т	0,005	0,01	0,008
Упаковочные материалы	т	0,040	0,080	0,045
Формы и прочее	т	0,004	0,007	0,005
Входные потоки				
Энергия, жидкое и газообразное топливо, всего[1)]	ГДж	4	14	6,5
Электроэнергия, всего[1)]	ГДж	0,6	1,5	0,8
Вода	$м^3$	0,3	10	1,8
Выходные потоки				
Готовая упакованная продукция	т	0,75	0,97	0,91
Выбросы в атмосферу:				
CO_2	кг	300	1000	430
NO_x	кг	1,2	3,9	2,4
SO_x	кг	0,5	7,1	2,5
пыль (без очистки)	кг	0,2	0,6	0,4
пыль (с очисткой)	кг	0,002	0,05	0,024
HCl (без очистки)	кг	0,02	0,08	0,041
HCl (с очисткой)	кг	0,01	0,06	0,028

Окончание таблицы А.2

Входные и выходные потоки	Единицы на 1 т стекломассы	Диапазон и среднее значение		
		от	до	среднее
HF (без очистки)	кг	0,001	0,022	0,008
HF (с очисткой)	кг	0,001	0,011	0,003
металлы (без очистки)	кг	0,001	0,011	0,006
металлы (с очисткой)	кг	0,000	0,002	0,001
H_2O (испарение и сжигание)	т	0,3	10	1,8
Сточные воды	$м^3$	0,2	9,9	1,6
Отходы на переработку	т	0,002	0,006	0,005
Другие отходы	т	0,003	0,015	0,005
[1] Полное энергопотребление (печь, выработка, отжиг и др.) для типичного предприятия, использующего печи на ископаемом топливе.				

Библиография

[1] Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

[2] Постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2007 г. № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий»

[3] Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

[4] Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Стекольная промышленность («Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry» — Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2001)

[5] Справочник по наилучшим доступным техническим методам использования энергоресурсов в стекольной промышленности: производство сортового и тарного стекла. — М.: Эколайн, 2005. — 128 с. http://14000.ru/projects/glass/BAT_in_Energy_use.pdf

[6] Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Эффективное использование энергии. Февраль 2009 г.» («Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency» — Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2009)

[7] Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. — М.: Эколайн, 2009. — 455 с. http://14000.ru/work/bref/bref_final_full.pdf

УДК 666.1.001.7:620.9

ОКС 13.030.01
81.020

Ключевые слова: стекло, производство, ресурсосбережение, показатели энергоэффективности, наилучшие доступные технологии, НДТ

Редактор *П.М. Смирнов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 14.10.2011. Подписано в печать 29.11.2011. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,95. Тираж 146 экз. Зак. 1136.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru »@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru