ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56828.28— 2017

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Производство стекла. Аспекты повышения энергетической эффективности

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 августа 2017 г. № 819-ст

4 В настоящем стандарте реализованы нормы Указа Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» и Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Настоящий стандарт учитывает положения Информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство стекла», утвержденного приказом Росстандарта от 15 декабря 2015 г. № 1575, европейского Справочника по наилучшим доступным технологиям в производстве стекла. 2013, европейского Справочника по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Февраль 2009 г., решения Европейской комиссии от 28 февраля 2012 года, устанавливающего выводы о выборе НДТ применительно к производству стекла в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета ЕС 2010/75/EU о промышленных выбросах (документ зарегистрирован под номером С (2012) 865)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 54201—2010

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Август 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2017, 2019

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 2
4 Технологические процессы и этапы производства изделий из стекла 3
5 Общие требования к применению наилучших доступных технологий в производстве стекла 4
6 Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности при производстве стекла 4
7 Обеспечение экологической безопасности при производстве стекла 6
Приложение А (справочное) Основные подотрасли производства стекла 9
Приложение Б (справочное) Применяемое оборудование и методы производства стекла 10
Библиография 16

Введение

Основу законодательства в области наилучших доступных технологий (далее — НДТ) сформировал Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», который совершенствует систему нормирования в области охраны окружающей среды, вводит в российское правовое поле понятие «наилучшая доступная технология» и меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения НДТ.

Внедрение НДТ предусмотрено международными конвенциями и соглашениями, ратифицированными Российской Федерацией, в том числе Конвенцией ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, Конвенцией по защите морской среды района Балтийского моря, Конвенцией о защите морской среды Каспийского моря, Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях, Конвенцией об охране и использовании трансграничных водотоков и озер, Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением и др.

Положения Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ в части, касающейся НДТ, сформированы с учетом норм европейского права, в частности Директивы Совета 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений», Директивы Европейского парламента и Совета 2008/1/ЕС от 15 января 2008 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» и Директивы Европейского парламента и Совета 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 г. «О промышленных эмиссиях (комплексное предупреждение и контроль)», которые требуют использования НДТ в целях предупреждения и сокращения загрязнений окружающей среды.

Производство стекла в целом отнесено к областям применения наилучших доступных технологий, утвержденным Распоряжением Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. № 2674-р «Об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий». При этом, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий», к объектам I категории отнесены предприятия, которые производят стекло и изделия из стекла, включая стекловолокно (с проектной производительностью не менее 20 т в сутки).

Производство стекла является энергоемким процессом, поэтому повышение энергоэффективности производства является приоритетным направлением работ по обеспечению ресурсосбережения в целом и сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31 октября 2014 г. № 2178-р (ред. от 07.07.2016) «Об утверждении поэтапного графика создания в 2015—2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий» разработка и публикация информационно-технических справочников НДТ осуществляется в период 2015—2017 гг. При регламентации технологического нормирования с учетом НДТ законодатель руководствовался европейским опытом, в том числе и при создании российских справочников НДТ. Так, в пункте 7 статьи 28.1 7-ФЗ прямо указано, что при разработке этих справочников «могут использоваться международные информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям».

Особо следует подчеркнуть, что речь идет именно о европейских справочниках НДТ, которые, в отличие от американской практики, не являются перечнями НДТ. Информация, содержащаяся в справочниках по НДТ, предназначена для того, чтобы ее можно было использовать для внедрения НДТ на конкретном предприятии, то есть эти справочники адресованы хозяйствующим субъектам.

Настоящий стандарт подготовлен с учетом положений актов (Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 (ред. от 09.09.2015) «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»), принятых в развитие 7-ФЗ, Информационно-технического справочника [1]. В стандарте приведены рекомендации по практическому применению и возможности использования НДТ повышения энергетической эффективности при производстве стекла различного назначения, основанные, в дополнение к Справочнику [1], на положениях справочных документов ЕС [2] и Исполнительного решения Европейской комиссии [3].

В настоящем стандарте объектом стандартизации являются наилучшие доступные технологии, предметом стандартизации является производство стекла, аспектом стандартизации являются аспекты повышения энергетической эффективности при производстве стекла.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Производство стекла. Аспекты повышения энергетической эффективности

Best available techniques. Production of glass. Aspects for improving energy efficiency

Дата введения — 2017—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает практические рекомендации по применению наилучших доступных технологий (НДТ) повышения энергетической эффективности при производстве стекла, установленных в информационно-техническом справочнике [1] и европейских документах [2]—[4], адаптированных к российским условиям.

Настоящий стандарт распространяется на проектирование новых предприятий по производству стекла, на реконструкцию (модернизацию) действующих предприятий, проведение процедуры оценки воздействия на окружающую среду и государственной экспертизы соответствующей документации.

Требования, установленные настоящим стандартом, предназначены для добровольного применения в нормативно-правовой, нормативной, технической и проектно-конструкторской документации, а также в научно-технической, учебной и справочной литературе применительно к процессам производства стекла, обеспечивая при этом сохранение и защиту окружающей среды, здоровья и жизни людей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ Р ИСО 14050 Менеджмент окружающей среды. Словарь

ГОСТ Р ИСО 50001 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению

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

ГОСТ Р 51387[1)] Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения

ГОСТ Р 52104 Ресурсосбережение. Термины и определения

ГОСТ Р 54195[2)] Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по определению показателей (индикаторов) энергоэффективности

ГОСТ Р 54196[3)] Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по идентификации аспектов энергоэффективности

ГОСТ Р 54197[4)] Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по планированию показателей (индикаторов) энергоэффективности

[1)] Действует ГОСТ 31607—2012.

[2)] Действует ГОСТ Р 56828.29—2017 «Наилучшие доступные технологии. Энергосбережение. Порядок определения показателей (индикаторов) энергоэффективности».

[3)] Действует ГОСТ Р 56828.19—2017 «Наилучшие доступные технологии. Энергосбережение. Методология идентификации показателей энергоэффективности».

[4)] Действует ГОСТ Р 56828.16—2017 «Наилучшие доступные технологии. Энергосбережение. Методология планирования показателей (индикаторов) энергоэффективности».

Издание официальное

ГОСТ Р 54198[1)] Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности

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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять 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, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

наилучшая доступная технология: Технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

[Федеральный закон «Об охране окружающей среды», статья 1]

Примечания

1 К «наилучшим доступным технологиям» относят: технологические процессы, методы, порядок организации производства продукции и энергии, выполнения работ или оказания услуг, включая системы экологического и энергетического менеджмента, а также проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающие уменьшение и (или) предотвращение поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, образования отходов производства по сравнению с применяемыми и являющиеся наиболее эффективными для обеспечения нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при условии экономической целесообразности и технической возможности их применения.

2 «Наилучшие» означают технологии, наиболее эффективные для производства продукции с обязательным достижением установленных уровней сохранения и защиты окружающей среды, в том числе так называемые «зеленые технологии».

3 «Доступные» означают технологии, которые разработаны настолько, что они могут быть применены в соответствующей отрасли промышленности при условии подтверждения экономической, технической, экологической и социальной целесообразности ее внедрения. Термин «доступные» применительно к НДТ означает, что технология может быть внедрена в экономически и технически реализуемых для предприятия конкретной отрасли промышленности условиях. В отдельных случаях термин «доступная» может быть дополнен термином «существующая».

4 «Технология» означает как используемую технологию, так и способ, метод и прием, которыми производственный объект, включая оборудование, спроектирован, построен, организован, эксплуатируется, выводится из эксплуатации перед его ликвидацией с утилизацией обезвреженных частей и удалением опасных составляющих.

5 К НДТ могут быть отнесены малоотходные и безотходные категории технологического процесса, установленные в ГОСТ 14.322—83.

6 При выборе НДТ особое внимание следует уделять положениям, представляемым в регулярно обновляемых Правительством Российской Федерации «Перечнях критических технологий».

[ГОСТ Р 56828.15—2016, статья 2.88]

Примечание — НДТ сводятся в информационно-технические справочники, которые, как элемент государственного регулирования, являются инструментами обеспечения экологической безопасности производств и элементами технического регулирования.

[1)] Действует ГОСТ Р 56828.24—2017 «Наилучшие доступные технологии. Энергосбережение. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности».

3.2

энергетическая эффективность; энергоэффективность: Характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) к затратам ТЭР, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю (хозяйствующему субъекту).

Примечания

1 Энергоэффективность выражается показателями потребления энергии конкретными объектами, изделиями.

2 Энергоэффективность оценивается:

- значениями коэффициентов полезного действия (КПД) и использования топлива (КИТ) (%);
- использованием меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий.

3 Энергетическая эффективность — характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю [5]. Характеризуется уменьшением объема используемых топливно-энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования, в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг.

[ГОСТ Р 56828.15—2016, статья 2.219]

Примечание — Результат целенаправленной деятельности по экономии энергетических ресурсов на стадиях жизненного цикла продукции и (или) при ликвидации отходов на всех этапах их технологического цикла.

4 Технологические процессы и этапы производства изделий из стекла

4.1 Основные технологические переделы одинаковы при изготовлении большинства видов изделий из стекла в подотраслях (перечень подотраслей приведен в приложении А) и включают:

- обработку и хранение сырьевых материалов;
- приготовление из них шихты (смеси с определенным соотношением сырьевых материалов);
- высокотемпературную варку шихты и получение расплавленной стекломассы;
- формование изделий;
- отжиг изделий.

4.2 В зависимости от вида продукции в стандартную технологическую схему могут быть внесены стадии горячей и холодной химической или механической обработки, упрочнения, окрашивания и т. п.

4.3 Общая технология производства стекла и типовые технологические схемы производства основных видов изделий установлены в подразделах 2.2—2.6 [1].

4.4 Технологический процесс производства изделий из стекла состоит из нескольких этапов.

4.4.1 На первом этапе происходит подготовка сырьевых материалов (дробление, сушка, просеивание). 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).

4.4.2 Затем сырьевые материалы используют для приготовления шихты (дозируют и смешивают компоненты в соответствии с требованиями к составу и свойствам конечной продукции). Для варки высококачественных прозрачных стекол песок очищают физико-химическими способами. В состав шихты вводят также соединения кальция, бора, фосфора, алюминия, а также вспомогательные материалы — осветлители, обесцвечиватели, глушители, красители и восстановители.

4.5 Процесс стекловарения, связанный с получением однородного расплава, условно разделяют на несколько подэтапов: образование силикатов, стеклообразование, осветление, гомогенизацию и охлаждение.

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

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

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

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

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

4.6 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.

4.7 Важная часть текущих расходов — энергопотребление, поэтому обычно выбирают наиболее энергоэффективную возможную конструкцию.

4.8 Элементы технологического процесса производства стекла и оборудование представлены в приложении Б.

5 Общие требования к применению наилучших доступных технологий в производстве стекла

5.1 При внедрении НДТ в производство стекла различного назначения необходимо:

- обеспечить комплексный подход к предотвращению и/или минимизации техногенного воздействия, базирующийся на сопоставлении эффективности мероприятий по охране окружающей среды с затратами, которые должен при этом нести хозяйствующий субъект для предотвращения и/или минимизации оказываемого при производстве стекла техногенного воздействия в обычных условиях хозяйствования;

- обеспечить комплексную защиту окружающей среды, с тем чтобы решение одной проблемы не создавало другую и не нарушало установленных нормативов качества окружающей среды на конкретных территориях.

5.2 НДТ повышения энергоэффективности при производстве стекла характеризуются рядом основных параметров, включая:

- потребление тепловой и электрической энергии на единицу производимой продукции;

- потребление сырья на единицу производимой продукции;

- технологические нормативы (характеристики выбросов, сбросов и отходов), которые могут быть обеспечены при применении НДТ в расчете на единицу производимой продукции;

- особенности применения НДТ в различных климатических, географических и иных условиях.

6 Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности при производстве стекла

6.1 Производство стекла является энергоемким процессом, поэтому источник энергии, методы нагрева и утилизации теплоты являются определяющими для разработки конструкции печи, достижения экономической эффективности процесса производства стекла.

6.2 В процессе стекловарения, которому следует уделять основное внимание, расходуется от 60 % до 80 % всей энергии, потребляемой при производстве стекла в различных подотраслях, особенности которых представлены в приложении А.

6.3 Удельное энергопотребление зависит от характеристик печи (в частности, ее типа и размера).

6.3.1 В большинстве подотраслей стекольной промышленности используются большие печи непрерывного действия, обычные сроки эксплуатации которых составляют 5—12 лет, а в некоторых случаях — до 20 лет. Энергопотребление печи растет по мере увеличения срока ее эксплуатации. Теоретический минимум удельного потребления энергии на стекловарение составляет 2,74 ГДж/т; реально достигнутые минимальные значения этого показателя близки к 5 ГДж/т сваренной стекломассы в начале использования печи.

6.3.2 При производстве стекла энергия также потребляется выработочными частями печей в процессах формовки, отжига и системами отопления предприятий.

6.3.3 Следует отметить, что удельный расход энергии в значительной степени зависит от размера печи:

- печи производительностью более чем 800 т/сут требуют на тонну сваренной стекломассы на 10 %—12 % меньше энергии по сравнению с печами производительностью около 500 т/сут.

6.3.4 Старение печи приводит к увеличению потребления энергии в среднем на 1,5 %—2,0 % в год.

6.3.5 При стекловарении стеклотары потребляется более 75 % энергии (для производства флаконов потребление энергии при стекловарении составляет 50 %). Остальная энергия используется в выработочной части печи, процессе формования (сжатый воздух и воздух для охлаждения форм), печах для отжига, процессах обработки сырья и подготовки шихты, отопления помещений и на покрытие затрат общего назначения; старение печи приводит к увеличению потребления энергии в среднем на 1,5 %—3 % в год. Значительное влияние на энергопотребление печи оказывает процент стеклобоя, используемого в составе шихты.

6.3.6 В Российской Федерации стекловаренные печи для производства листового стекла работают на природном газе. Если технологические газы производятся на самих стекольных предприятиях, то это влечет за собой дополнительные потребности в энергии.

6.3.7 Анализ энергопотребления в производстве сортового стекла затруднен из-за разнообразия предприятий, применяемых процессов, их мощности, а также широкого спектра видов выпускаемой продукции.

6.3.8 Некоторые процессы, например производство свинцового хрусталя, осуществляются в намного меньших масштабах и даже с применением горшковых печей.

6.3.9 Срок службы печей для производства силиката натрия растворимого значительно меньше, чем в производствах стеклотары и листового стекла, он не превышает 6—7 лет из-за большого содержания в составе шихты карбоната натрия, летучие компоненты которого приводят к интенсивному разрушению огнеупоров стекловаренной печи.

6.4 Значительное количество энергии потребляется вентиляторами для подачи воздуха для горения и охлаждающего воздуха.

6.5 Сокращение энергопотребления и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу достигается посредством принятия мер, направленных на повышение энергоэффективности производства, а также 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.

6.6 При стекловарении листового стекла потребляется более 80 % энергии; на формование и отжиг расходуется около 5 % потребляемой энергии. Остальная энергия используется в процессах обработки сырья и подготовки шихты, для освещения, отопления предприятий, а также для обеспечения работы различного электрооборудования.

6.7 К НДТ повышения энергоэффективности при производстве стекла относятся:

- НДТ 2 — автоматическое регулирование параметров стекловарения [1];
- НДТ 3 — рекуперация тепла отходящих газов процесса стекловарения [1];
- НДТ 4 — использование стеклобоя [1];
- НДТ 7 — оптимизация режимов горения в соответствии с долей стеклобоя в шихте (до 50 %) [1];
- НДТ 8 — применение секционных стеклоформующих машин (способы Blow-Blow, NNPB) [1].

6.7.1 В справочнике [1] приведено детальное описание каждой из НДТ. Например, относительно «НДТ 4 — использование стеклобоя» установлено, что НДТ заключается в увеличении количества использования стеклобоя (как стороннего, так и собственного) в производственном процессе путем его добавления в шихту в соответствии с технологическими возможностями и рецептурой. Добавление стеклобоя в шихту позволяет снизить энергопотребление (при добавлении 12 % стеклобоя возможно снижение энергопотребления на 0,2 ГДж/т сваренной стекломассы). НДТ не распространяется на производство стекловолокна и имеет ограниченное применение в производстве сортового стекла.

6.7.2 Оптимизация технологического процесса посредством контроля рабочих параметров применима на действующих, реконструируемых и новых предприятиях.

6.7.3 Регулярное техническое обслуживание плавильной печи применимо на действующих, реконструируемых и новых предприятиях.

6.7.4 Оптимизация конструкции печи и выбор технологии плавки применимы на реконструируемых и новых предприятиях.

6.7.5 Использование технических средств управления процессом горения применимо для печей с использованием горения топлива в кислороде, а также использования горения топлива в воздухе.

6.7.6 Повышения уровня использования стеклобоя достигают там, где это доступно, экономически и технически целесообразно. Не рекомендуется применять стеклобой в производстве стекловолокна.

6.7.7 Использование котла-утилизатора избыточной теплоты для рекуперации энергии, где это технически и экономически осуществимо, применимо для печей с использованием горения топлива в кислороде, а также использования горения топлива в воздухе. Применимость и экономическая эффективность подхода определяется общей достигаемой эффективностью, в том числе посредством эффективного использования образующегося пара.

6.7.8 Использование подогрева шихты и стеклобоя, где это технически и экономически осуществимо, применимо для печей с использованием горения топлива в кислороде, а также с использованием горения топлива в воздухе, однако применение обычно ограничивается составом шихты с более чем 50 % стеклобоя.

6.8 В справочнике [1] к перспективным технологиям относят применение систем энергетического менеджмента в соответствии с ГОСТ Р ИСО 50001.

6.8.1 В общем случае в состав систем энергетического менеджмента (СЭнМ) входят следующие взаимосвязанные элементы:

- энергетическая политика;
- планирование (цели, задачи, мероприятия), программа СЭнМ;
- внедрение и функционирование, управление операциями;
- взаимодействие и обмен информацией;
- мотивация персонала;
- подготовка и обучение персонала;
- внутренний аудит СЭнМ;
- анализ и оценка СЭнМ руководством организации.

6.8.2 Действенность СЭнМ обеспечивается путем разработки, внедрения и соблюдения основных процедур, т. е. способов (в том числе документированных) осуществления действия или процесса.

6.9 Применение наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности промышленного производства, в том числе стекла, установлено в ГОСТ Р 54198.

6.10 Руководство по определению показателей (индикаторов) энергоэффективности установлено в ГОСТ Р 54195.

6.11 Руководство по идентификации аспектов энергоэффективности установлено в ГОСТ Р 54196.

6.12 Руководство по планированию показателей (индикаторов) энергоэффективности установлено в ГОСТ Р 54197.

6.13 Использование в хозяйственной деятельности национальных стандартов по 6.9—6.12 обеспечивает достоверность данных при учете энергопотребления и влияет в целом на повышение экономической эффективности применения наилучших доступных технологий в стекольной промышленности.

7 Обеспечение экологической безопасности при производстве стекла

7.1 Основные факторы воздействия на окружающую среду связаны с процессами стекловарения и подготовки шихты (преимущественно выбросы отходящих газов), а также формования и обработки изделий (образование отходящих газов и производственных сточных вод) (пункт 3.1.2 [1]).

7.2 Процесс производства стекла сопровождается образованием выбросов вредных веществ (оксидов азота, взвешенных веществ, монооксида углерода) в атмосферу.

7.3 Образование отходов весьма незначительно: отходы стекла/стеклобой образуются в результате отрезания боковой кромки и при отбраковке продукции; стеклобой направляется на вторичное использование.

7.4 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

7.4.1 Производство стекла осуществляется при высокой температуре и требует значительного количества энергии, что приводит к образованию продуктов сжигания топлива, поступающих в атмосферный воздух. Выбросы отходящих газов от процесса стекловарения содержат также твердые частицы (пыль), состав которых зависит от состава стекла.

7.4.2 Выбросы, сопровождающие этапы формования и полирования стекла, зависят от специфики различных технологических процессов. На прессовыдувных стеклоформующих машинах для тарного стекла образуется основная часть выбросов в атмосферу в результате контакта расплавленного стекла («капли стекломассы») со смазочными веществами. В процессе производства листового стекла, тарного стекла, посуды и декоративно-художественных стеклянных изделий также происходит выброс в атмосферу загрязняющих веществ, образующихся в процессе отжига, при котором стеклянные изделия выдерживают при температурах 500 °С—550 °С.

7.4.3 Образование выбросов твердых частиц (пыли) является типичным для стекольного производства фактором воздействия на окружающую среду. Во всех подотраслях стекольной промышленности используют измельченные, гранулированные или порошкообразные сырьевые материалы. На всех предприятиях осуществляется хранение и смешивание сырьевых материалов. Выброс в атмосферу пыли является предсказуемым результатом операций по транспортированию, обработке, хранению и смешиванию компонентов сырья. Пыль, образующаяся при этих операциях, более крупная, чем твердые частицы, образующиеся в процессе стекловарения и имеющие размер менее 1 мкм.

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

- разграничение зон хранения и приготовления шихты и других производственных зон;
- использование закрытых бункеров для хранения шихты;
- сокращение количества мелких частиц в шихте путем увлажнения водой или щелочными растворами либо путем предварительного спекания, брикетирования или укладки на поддоны;
- соблюдение надлежащих процедур погрузки и разгрузки;
- транспортирование 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 выбросов в атмосферу загрязняющих веществ);
- улавливание пыли с помощью фильтров (в рабочих зонах разгрузки и транспортирования сырьевых материалов и шихты, засыпки шихты в стекловаренную печь);
- использование закрытых транспортеров;
- ограждение загрузочных камер.

7.4.5 Основным источником выбросов в атмосферу твердых частиц при стекловарении является 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. Российские предприятия по производству стекла используют в качестве источника энергии природный газ, поэтому последним фактором можно пренебречь.

7.4.6 Основными причинами выбросов оксидов азота (NO_X) являются их образование из азота воздуха при сжигании топлива, распад азотных соединений в шихте и окисление азота, содержащегося в топливе. Сокращения выбросов оксидов азота добиваются путем оптимизации процесса стекловарения и прежде всего сжигания топлива.

7.4.7 Присутствие оксидов серы (преимущественно SO_2) в отходящих газах стекловаренных печей определяют содержанием соединений серы в топливе (для природного газа обычно небольшим) и в сырьевых материалах. В настоящее время отсутствуют надежные данные о выбросах оксидов серы; по оценкам специалистов, имеющих многолетний опыт работы в отрасли, оксиды серы не следует относить к приоритетным загрязняющим веществам, поступающим в атмосферный воздух в результате проведения процесса стекловарения.

7.4.8 За исключением производства специальных сортов стекла, источники выбросов в атмосферу хлороводорода (HCl) и фтороводорода (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). По оценкам специалистов, имеющих многолетний опыт работы в отрасли, такие примеси не следует считать характерными для отечественных предприятий.

7.4.9 Выброс металлов в окружающую среду — специфическая черта для некоторых подотраслей (например, производства свинцового хрусталя и цветного стекла). Незначительное количество тяжелых металлов может присутствовать в качестве примесей в некоторых сырьевых материалах и стеклобое.

7.4.10 Твердые частицы, образующиеся при производстве свинцового хрусталя, могут содержать 20 %—60 % оксидов свинца. При производстве изделий из цветного стекла в атмосферный воздух в незначительных количествах могут поступать соединения (преимущественно оксиды) металлов, используемых для придания изделиям окраски (кобальта, меди, хрома, марганца и прочие).

7.5 Производственные сточные воды

7.5.1 Наибольшее количество воды потребляется в процессе охлаждения и промывки стеклобоя. Для выпуска сортового стекла (прежде всего хрусталя) характерно также образование сточных вод в процессе обработки изделий (шлифования, огранки, матирования). Для минимизации потерь воды нередко используют системы водооборота.

7.5.2 В большинстве подотраслей производства стекла состав сточных вод напрямую зависит от состава исходной воды, поступающей на предприятия. Решения по обращению со сточными водами принимаются в зависимости от особенностей местной ситуации и могут включать как их очистку на локальных очистных сооружениях предприятий с последующим сбросом в водные объекты, так и сброс в централизованные системы водоотведения.

7.6 Твердые отходы

7.6.1 На большинстве производственных операций в стекольной промышленности образуется относительно небольшое количество отходов. Стеклобой преимущественно используют повторно в производстве. В небольших количествах отходы шихты, пыли, уловленной в фильтрах, а также загрязненного стеклобоя и упаковки вывозят для захоронения на полигоны.

Приложение А
(справочное)

Основные подотрасли производства стекла

А.1 К подотраслям производства стекла относят:

- производство листового стекла (производимая продукция — стекло листовое бесцветное, прозрачное, особо прозрачное, окрашенное в массе);
- производство тарного стекла (производимая продукция — стеклянные бутылки, банки, флаконы, аптечная тара);
- производство сортового стекла (производимая продукция — стеклянная тара, посуда и декоративные изделия из стекла);
- производство стекловолокна (производимая продукция — непрерывное стекловолокно);
- производство специального стекла (производимая продукция — медицинское, термометрическое, химико-лабораторное растворимое натрий-калий-силикатное стекло, техническое, включая светотехническое, оптическое, кварцевое).

А.2 Производство тарного стекла является наиболее крупной подотраслью стекольной промышленности Российской Федерации, занимающей более 50 % рынка выпускаемой отраслью продукции; второе место занимает производство листового стекла (приблизительно 25 %); сектор сортового стекла является одним из небольших секторов стекольной промышленности (приблизительно 4 % общего объема производства) от общего объема производства стекольной продукции. Производство стекловолокна следует рассматривать как химическое производство искусственных и синтетических волокон, однако производство стекловолокна поименовано в перечне областей применения НДТ и объектов I категории в группе, связанной с производством стекла. Производство специального стекла занимает незначительную долю рынка выпускаемой отраслью продукции.

А.3 Каждая подотрасль специфична и характеризуется своими особенностями как с точки зрения производства, так и с позиций воздействия на окружающую среду.

А.4 Основу при изготовлении различных видов продукции составляет высокотемпературная варка стекольной шихты до получения осветленной и однородной стекломассы, выработки и отжига стеклоизделий, что обусловливает схожесть сырья, выбросов и многих приоритетных проблем.

А.5 Основными сырьевыми материалами для производства стекла являются общедоступные природные полезные ископаемые или продукты химической промышленности (песок, доломит, известь, глинозем, сода и т. д.).

Приложение Б
(справочное)

Применяемое оборудование и методы производства стекла

Б.1 Основным оборудованием для производства стекла являются печи, идентификация которых представлена в подразделах данного приложения.

Б.1.1 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 углекислого газа (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.

Б.1.2 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 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 оксидов азота (NO_X). Одним из следствий применения этого метода является то, что удельная производительность рекуперативных печей ограничена 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, особенно 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).

Б.1.3 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, что 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 об-

разованием 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 печах, не эффективных с тепловой точки зрения. 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.

Б.2 Стекловарение с комбинированным использованием ископаемых топлив и электроэнергии

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

- 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, также 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.

Б.3 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 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.

Б.4 Периодическое плавление шихты

Традиционно используемым методом для периодического производства малых объемов стекла 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.

Б.5 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 теплоизоляции. 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 %.

Б.6 Управление процессом горения 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 приводит к экономии энергии. При уменьшении количества воздуха горения до уровня, близкого к стехиометрическому отношению, снижаются потери теплоты с дымовыми газами. Оптимизация систем горения, теплообмена и общие усовершенствования в управлении процессом, направленные на снижение выбросов NO_X, во многих случаях также приводит 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.

Б.7 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 $N0_X$. 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 предотвращения подсоса воздуха через загрузочный карман.

Б.8 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 10 %—25 %.

Добавление стеклобоя в состав шихты снижает энергопотребление при плавлении, поскольку он уже прошел эндотермические реакции, связанные с формированием стекла, и его масса меньше эквивалентного количества шихты приблизительно на 20 %. Увеличение доли стеклобоя в загружаемых материалах потенциально позволяет сэкономить энергию; общепринято, что каждые дополнительные 10 % стеклобоя приводят к снижению потребле-

ния 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 возможность использовать в производстве сторонний стеклобой. Использование внутреннего стеклобоя определено доступностью стеклобоя требуемого качества и состава. В среднем доля 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.

Б.9 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 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.

Б.10 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 теплообменника 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.

Библиография

[1] ИТС 5-2015 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство стекла», утвержденный приказом Росстандарта от 15 декабря 2015 г. № 1575

[2] Европейский Справочник по наилучшим доступным технологиям в производстве стекла. 2013 г. (European Commission Joint Research Centre. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass. 2013)

[3] 2012/134/EC: Исполнительное решение Европейской комиссии от 28 февраля 2012 года, устанавливающего выводы о выборе НДТ применительно к производству стекла в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета ЕС 2010/75/EU о промышленных выбросах (документ зарегистрирован под номером C (2012) 865) (2012/134/EU: Commission Implementing Decision of 28 February 2012 establishing the best available techniques (BAT) conclusions under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions for the manufacture of glass (notified under document C(2012) 865)

[4] Европейский Справочник по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Февраль 2009 г. (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. February 2009)

[5] 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»

УДК 669.3.006.354

ОКС 13.030.01
81.020

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, производство стекла

Редактор *Е.И. Мосур*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 05.08.2019. Подписано в печать 22.08.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,12.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru