

Энергопотребление в производстве сортового, боросиликатного и специального стекла



Материалы подготовлены на основе одноименного отчета (издание 2001 г.) Британской правительственной программы The Carbon Trust (<http://www.carbontrust.co.uk/>).

Документ подготовлен ООО «Эколайн» в рамках проекта «Пропаганда энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов в стекольной промышленности России», выполняющегося при поддержке Министерства иностранных дел Великобритании в рамках Фонда глобальных возможностей (GOF).



Содержание

Перспективы улучшения энергоэффективности: стимулы и препятствия.....	2
Стимулы.....	2
Препятствия.....	3
Потребление энергии стекольными предприятиями	3
Существующие решения и возможности.....	5
Усовершенствования стекловаренных печей и регенераторов.....	9
Управление процессом, повышение эффективности использования энергии во вспомогательных процессах и учет опыта других отраслей промышленности.....	9
Системы принудительного кислородного дутья	11
Производство тепловой и электрической энергии	13
Утилизация теплоты отходящих газов	14
Минимизация образования отходов	15
Облегчение продукции.....	15

Перспективы улучшения энергоэффективности: стимулы и препятствия

Стимулы

Есть целый ряд факторов, определяющих то, что вопросы энергопотребления должны находиться в центре внимания производителей стекла. Они обсуждаются ниже.

Себестоимость продукции

Затраты на энергию вносят весомый вклад в себестоимость стекольной продукции вне зависимости от типа выпускаемого стекла. Для подотраслей, выпускающих разнообразные изделия, невозможно точно рассчитать вклад затрат на энергию в себестоимость продукции, но в целом эта величина изменяется в интервале от 10 до 30%. То есть, вполне можно представить себе уменьшение расходов за энергию на 10%, что выразится в 2% снижении себестоимости. Цифра, может быть, и не слишком впечатляющая, но для того, чтобы при норме прибыли 5% достичь такой выходы путем увеличения объема продаж, их нужно увеличить на 40%.

В условиях роста глобализации и необходимости всемерного снижения издержек нельзя недооценивать возможности оптимизации потребления энергоресурсов.

Природоохранное законодательство

Стекольные предприятия, так же, как и предприятия других отраслей, постоянно сталкиваются с проблемой ужесточения природоохранного законодательства. Вопросы рационального использования энергии постоянно привлекают внимание экологов, особенно в связи с проблемой глобального изменения климата. Выбросы диоксида углерода неразрывно связаны с использованием энергии, и любые меры по сокращению энергопотребления могут дать преимущества в области охраны окружающей среды. В Евросоюзе ведущую роль играют два документа: Директива ЕС о комплексном контроле и предотвращении загрязнения (Директива 96/61/ЕС, «ККПЗ») и Налог на выбросы CO₂ и потребление энергии. В соответствии с Директивой ККПЗ все стекольные предприятия производительностью свыше 20 т стекломассы в сутки должны внедрять наилучшие доступные методы предотвращения и сокращения загрязнения окружающей среды, в том числе, и связанные с процессами энергопотребления. Налог на выбросы CO₂ и потребление энергии — это инструмент, который был призван обеспечить стабилизацию уровня выбросов CO₂ странами Евросоюза. В настоящее время, после вступления в силу Киотского протокола, стекольное производство как одна из наиболее энергоемких отраслей стоит перед необходимостью изыскания дополнительных мер снижения энергопотребления и сокращения выбросов парниковых газов.

Восприятие потребителей

Восприятие клиентами экологической целесообразности производства и продукции составляет на сегодня неотъемлемую часть факторов, определяющих природоохранные стратегии. Стекольная продукция воспринимается потребителями как дружественная по отношению к окружающей среде в связи с ее широко известными свойствами. Это, тем не менее, все же приводит к определенному давлению на предприятия в части улучшения экологической результативности и снижения потребления энергии.

Технические преимущества

Повышение энергоэффективности ведет к снижению выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. То есть, сокращение потребления топлива проявляется в снижении объемов отходящих газов. Но ожидаемое ужесточение природоохранного законодательства может привести к тому, что потребуется установка средозащитного оборудования, потребляющего дополнительную энергию. Поэтому производители должны тщательно планировать все изменения и совершенствовать управление энергопотреблением предприятий.

Препятствия

Наряду с очевидными преимуществами, существуют и препятствия для широкого распространения мер повышения энергоэффективности стекольных предприятий.

Приоритеты

Концентрирование внимания на вопросах развития производства и обеспечения качества продукции нередко приводит к тому, что задачи улучшения энергоэффективности рассматривается не как неотъемлемая часть задач управления предприятием, а как некие «вторичные» вопросы

Ресурсы и затраты

Многие стекольные предприятия относятся к категории малых и средних, и испытывают сложности в выделении ресурсов, требующихся для реализации мер, необходимых для повышения энергоэффективности. Капитальные и текущие затраты на внедрение эффективных технологических решений могут быть слишком высокими по сравнению с малыми масштабами таких производств.

Стоимость топлива

Относительно невысокие цены на природный газ в некоторые периоды времени (например, в 1995-1996 годах в Европе) могут служить препятствием для широкого распространения мер повышения энергоэффективности стекольных предприятий. Основная причина состоит в том, что внедрение таких мер при невысоких ценах на топливо окупается медленно.

Технические риски

Вопросы обеспечения безопасного функционирования ряда технологических процессов, способствующих повышению энергоэффективности, не всегда могут быть решены однозначно, и это, в ряде случаев, также может служить препятствием для их распространения.

Потребление энергии стекольными предприятиями

Предприятия, производящие сортовое, боросиликатное и специальное стекло в Великобритании, изготавливают ежегодно 600 тысяч тонн стекломассы*, затрачивая при этом 9 миллионов ГДж энергии. Для сравнения можно привести данные по стеклотарной подотрасли: при выпуске 2,38 миллионов тонн стекломассы эти предприятия потребляют 25,35 миллионов ГДж энергии.

При всей широте спектра величин удельного энергопотребления, характерных для стекольных предприятий, можно сказать, что задачи снижения затрат на энергию ставят перед собой практически все производители стекла. Возможные решения делятся на две большие категории: улучшение управления энергопотреблением (снижение затрат на энергию при неизменном объеме производства) и улучшение эффективности производства путем сокращения доли брака и отходов (постоянство затрат на энергию при росте выпуска годной продукции).

На основе данных опросов и знания практики деятельности стекольной промышленности Великобритании можно указать характерные величины затрат на энергоносители в зависимости от объема производства. Эти данные приведены на рис. 1. Из рисунка видно, что различные предприятия, относящиеся к производству сортового стекла, могут иметь существенно отличающиеся объемы производства и потребления энергии. Аналогичный график на рис. 2 демонстрирует, что удельные величины расходов также не постоянны и существенно отличаются для разных типов и объемов производства.

К сожалению, доступны данные только в отношении расходов, а не общего энергопотребления, и в связи с разными масштабами обработки и ценами на газообразное топливо (потреб-

* При этом 53% производства (в т) составляет боросиликатное стекло, еще 10% — специальное стекло.

ляемое основной долей предприятий) и электроэнергию. В табл. 1 приведены цены на различные энергоносители, действовавшие в соответствующий период.

Табл. 1. Стоимость основных видов топлива и энергии в 1996 г.

Виды топлива и энергии	Стоимость, фунты стерлингов за ГДж
Электроэнергия	10,56 (38,02 за 1 МВт)
Природный газ (гарантированные поставки)	2,27
Природный газ (поставки могут быть приостановлены)	1,54
Мазут	2,29

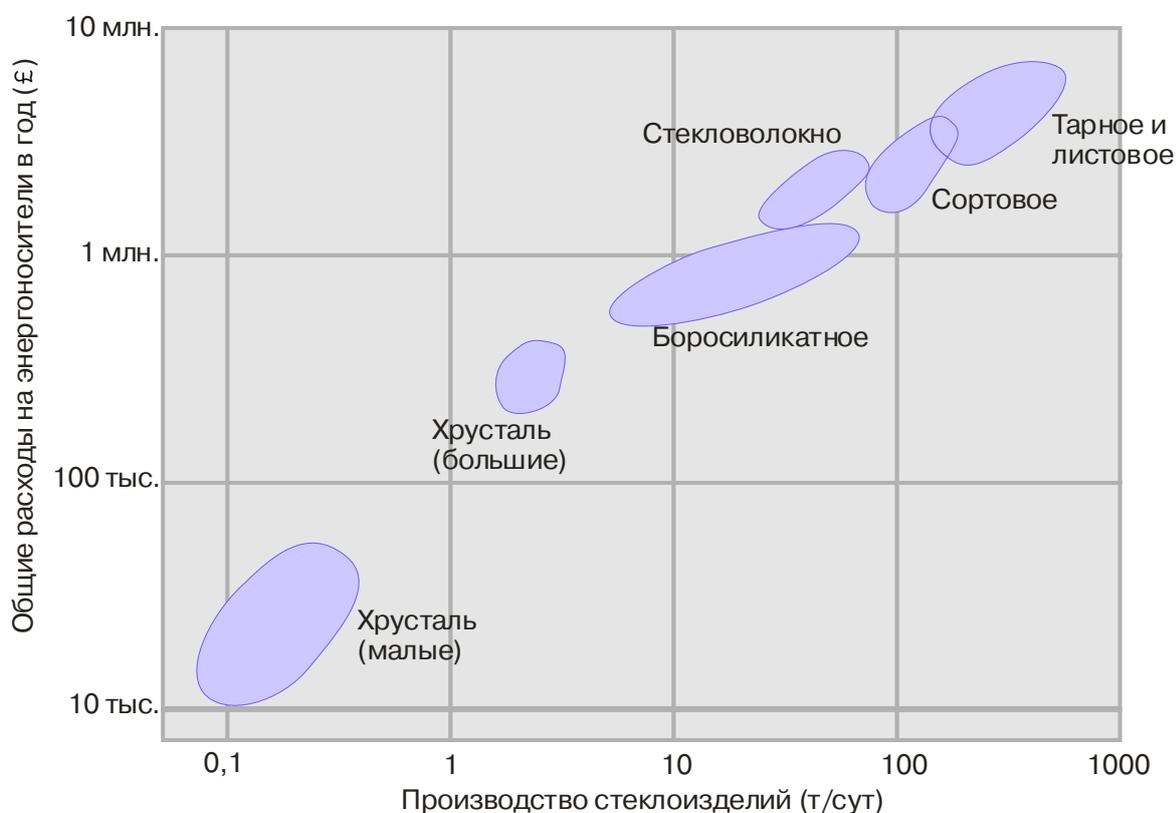


Рис. 1. Характерные величины общих годовых расходов на энергоносители и объемов производства различных подотраслей стекольной промышленности Великобритании

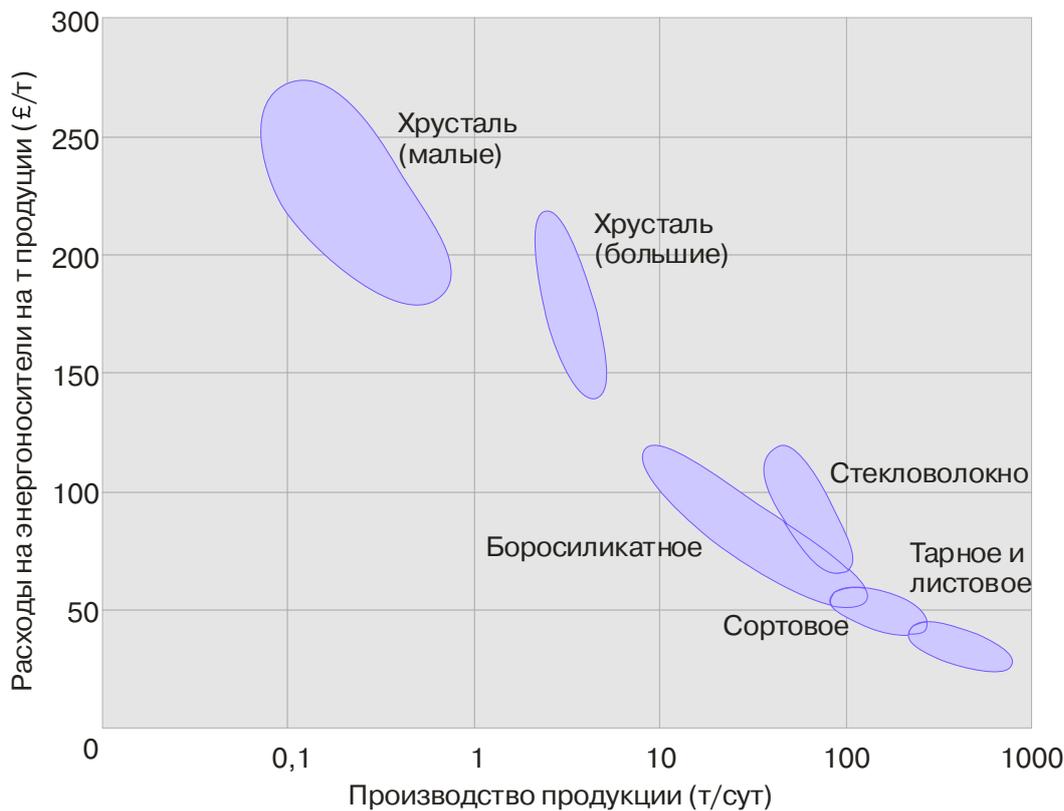


Рис. 2. Характерные величины удельных (к объему производства в т) расходов на энергоносители и объемов производства различных подотраслей стекольной промышленности Великобритании

Было бы наивным считать, что одна из подотраслей более эффективна, чем другие, на основании таких сравнительных данных, поскольку они существенно отличаются по объемам производства, составу стекла, применяемым процессам. Тем не менее, необходимо отметить, что:

- случаи, когда два производства, в целом сходных по структуре и объему, имеют существенно различающиеся удельные величин энергопотребления, отнюдь не единичны;
- ряд операций (например, стекловарение) в целом сходен для всех процессов, тем не менее, отмечены значительные различия между производствами сходного размера;
- ряд других аспектов энергопотребления, таких как производство и использование сжатого воздуха, является общим для всех подотраслей, и тем не менее, вне зависимости от подотрасли, есть огромная разница между применяющимися подходами и практиками.

Существуют различные подходы, позволяющие снизить удельное потребление энергии, подробно описанные в следующем разделе. Они делятся на две основных категории: оптимизация потребления энергии при поддержании уровня производства и повышение производительности за счет уменьшения образования брака и отходов.

Существующие решения и возможности

В области улучшения энергоэффективности известно много решений, уже используемых на предприятиях сектора, или потенциально применимых и зарекомендовавших себя в других отраслях. Одни решения предполагают фундаментальные изменения в процессе стекловарения, другие основаны на огромном объеме доступной информации о методах повышения эффективности использования энергии.

Основные возможные решения сведены в табл. 2. Универсальных методов нет, но в таблице даны рекомендации относительно применимости тех или иных решений в соответствующих подотраслях стекольного производства.

В настоящем разделе рассматриваются следующие группы методов:

- усовершенствования уже существующих печей и регенераторов, основанные на опыте стеклотарной подотрасли;
- общие возможности снижения энергопотребления, которые предполагают усиление внимания к часто недооцениваемым затратам энергии на обеспечение процесса производства (использование сжатого воздуха, электродвигателей и освещения);
- усовершенствования, требующие значительных капитальных затрат и существенных изменений в осуществляющиеся производственные процессы, в том числе, утилизация тепла отходящих газов, принудительное кислородное дутье и производство электрической и тепловой энергии).

Табл. 2. Применимость методов повышения энергоэффективности стекольных производств

Методы повышения энергоэффективности	Производство	Хрусталь, крупные печи	Хрусталь, малые печи	Сортовое стекло	Боросиликатное стекло, огнеупорная посуда	Стекловата и волокно для теплоизоляции	Стекловолокно для конструкционных материалов	Специальные стекла и фритты
Усовершенствование печей и регенераторов								
Теплоизоляция печи	V	V	V	V	V	V	V	—
Уплотнительные кольца на горелках	—	—	VV	V	V	V	V	—
Теплоизоляция регенераторов	—	—	VV	V	V	V	V	—
Использование крестообразных насадок из электроплавленного огнеупора («крузиформ»)	—	—	VV	V	V	V	V	—
Управление процессом и контроль качества								
Контроль качества на «горячем конце» процесса	—	—	V	V	—	—	—	—
Контроль капли	—	—	V	V	—	—	—	—
Сжатый воздух	V	—	VV	V	VV	VV	VV	V
Двигатели с регулируемой производительностью	—	—	VV	VV	VV	VV	VV	—
Высокоэффективные электродвигатели	V	V	V	V	V	V	V	V
Освещение	V	V	V	V	V	V	V	V
Отопление	V	VV	V	V	V	V	V	V
Процедуры управления (вовлечение персонала)	V	V	VV	VV	VV	VV	VV	V
Системы принудительного кислородного дутья								
Принудительное кислородное дутье	VV	V	VV	VV	VV	VV	VV	VV
Принудительное кислородное дутье с утилизацией теплоты	V	—	VV	V	V	V	V	V
Частичное принудительное кислородное дутье	VV	V	V	V	V	V	VV	V
Производство электроэнергии и тепла	—	—	VV	V	VV	VV	VV	—

Методы повышения энергоэффективности	Производство	Хрусталь, крупные печи	Хрусталь, малые печи	Сортовое стекло	Боросиликатное стекло, огнеупорная посуда	Стекловата и волокно для теплоизоляции	Стекловолокно для конструкционных материалов	Специальные стекла и фритты
Утилизация теплоты отходящих газов								
Производство электроэнергии	—	—	—	VV	VV	VV	VV	—
Производство сжатого воздуха	—	—	—	VV	V	VV	VV	—
Предварительный подогрев шихты и стеклобоя	—	—	—	V	V	V	—	—
Гранулирование шихты	VV	VV	VV	—	V	V	V	V

VV наиболее актуальное решение, которое следует детально рассматривать

V актуальное решение

— решение, вряд ли применимое для подотрасли

Усовершенствования стекловаренных печей и регенераторов

Многие из обсуждаемых в этом разделе усовершенствований разработаны с целью повышения энергоэффективности, но они также играют серьезную роль в снижении выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Большая часть методов зарекомендовала себя в стеклотарной подотрасли.

Теплоизоляция стекловаренных печей

Потери теплоты стекловаренной печью составляют до 35% общего потребления энергии на стекловарение, что обуславливает целесообразность снижения потерь даже на 1%, так как это приводит к значительному снижению затрат на энергию. Компания Lubisol Engineering разработала теплоизоляционный материал низкой плотности, который может быть нанесен на горячий свод печи с образованием монолитного покрытия. По данным компании это решение позволяет сократить затраты на топливо на 3-5% по сравнению с использованием традиционной теплоизоляции. При этом производительность печи и продолжительность кампании остаются неизменными.

Уплотнительные кольца на горелках

При общепринятом расположении горелок может происходить значительный подсос холодного воздуха в печь через отверстия для горелок. Этот холодный воздух обычно не учитывается в тепловом балансе печи, что ведет к уменьшению эффективности регенераторов. Уплотнительные кольца могут исключить подсос, заставить весь воздух проходить через регенераторы (до смешивания с топливом) и исключить потери теплоты через отверстия для горелок. Такое решение позволяет сократить расход энергии на стекловарение на 7%. Кроме того, исключение подсоса воздуха приводит к уменьшению количества кислорода в зоне горения и, соответственно, к снижению выбросов NO_x на 5-25%.

Регенераторы

Теплоизоляция регенераторов. Идея состоит в улучшении теплоизоляции регенератора при одновременном исключении подсоса воздуха извне. Для этого могут использоваться волокнистые теплоизоляционные материалы, наносимые распылением. Слой такого материала был опробован на системе регенераторов стекловаренной печи в Ротерхаме компании Beatson Clark. Материал был легко нанесен без нарушения работы стекловаренной печи. Капитальные затраты составили 10500 фунтов стерлингов (в ценах 1991 года); снижение затрат на энергию достигло 24 тысяч фунтов стерлингов; срок окупаемости — менее полугода.

Использование крестообразных насадочных элементов в регенераторах

Применение крестообразных насадочных элементов в регенераторах (типа «круциформ») обеспечило лучший воздух для горения и способствовало повышению эффективности сжигания топлива (опыт производства в Витли компании Rockware Glass). Новая конструкция насадочных элементов была одним из решений в рамках модернизации, предпринятой в ходе холодного ремонта. Эта рифленая поверхность насадочных элементов способствовала повышению коэффициентов конвекционного теплообмена в регенераторе. Температура воздуха для горения была повышена приблизительно на 120 °С, эффективность регенератора выросла с 60 % до 67 %. Снижение потребления топлива составило около 8 %; капиталовложения (около 95 тысяч фунтов стерлингов в ценах 1990 года) окупались на 14 месяцев.

Управление процессом, повышение эффективности использования энергии во вспомогательных процессах и учет опыта других отраслей промышленности

Значимость улучшения энергоэффективности во вспомогательных процессах обеспечения стекловарения нередко недооценивается, потому что подавляющая доля энергии используется стекловаренной печью. Но именно вспомогательные процессы часто дают возможность с помощью простых мер можно достичь значительного сокращения затрат на самую дороговую

стоящую энергию — электрическую. Есть целый ряд решений, хорошо зарекомендовавших себя в разных отраслях, которые могут найти применение в производстве стекла.

Контроль процесса

При том, что для стекольной продукции справедливы все общие приемы управления, обеспечивающие устойчивое функционирование производств, два метода контроля процесса заслуживают особого внимания.

Контроль на «горячем конце». Сдвиг контроля качества к «горячему» концу процесса позволяет выявить и предотвратить выпуск бракованных изделий практически сразу после их изготовления, что выгоднее и оперативнее, чем ждать, пока изделия пройдут все операции и контролировать качество на «холодном конце». Выявление брака на «холодном конце» может означать, что уже в течение нескольких часов вырабатывалась бракованная продукция. Кроме этого, при осуществлении контроля на «горячем конце» можно гораздо быстрее оценить результаты корректирующих действий и внесенных в процесс изменений. И то, и другое преимущество открывают возможности снижения расхода энергии и затрат на нее.

Контроль капли. Система непрерывного наблюдения за массой капли на конвейере применялась компанией Lewis and Towers на предприятии в Эденбридже при производстве стеклотарной продукции. Система позволяет выявлять отклонения от заданной массы (то есть, о возможном образовании брака) для каждого изделия и оповещать оператора о необходимости принятия корректирующих мер. Стоимость системы составляла 17,6 тыс. фунтов стерлингов (в ценах 1993 г.) и срок окупаемости составил 18 месяцев за счет сокращения затрат на сырьевые материалы (на 5,7 тыс. фунтов стерлингов в год) и энергию (на 5,8 тыс. фунтов стерлингов в год).

Использование сжатого воздуха

Сжатый воздух — важнейший компонент обеспечения процесса производства стекольной продукции, хотя во многих случаях, к сожалению, ему уделяется недостаточно внимания. В то же время, значительное снижение затрат на энергию может быть достигнуто путем внедрения простых и малозатратных усовершенствований в этой области. Основные принципы улучшения эффективности таковы:

- сжатый воздух следует использовать только там, где это совершенно необходимо;
- следует производить сжатый воздух того давления, которое соответствует требованиям технологического процесса, в котором он применяется;
- необходимо выбирать и устанавливать наиболее экономичные компрессоры, соответствующие технологическим требованиям;
- разводящая сеть должна поддерживаться в наилучшем возможном состоянии (путем осуществления своевременного обслуживания и планово-предупредительного ремонта);
- должны предприниматься усилия по выявлению и ликвидации утечек.

В качестве примера можно указать, что замена восьми компрессоров разной производительности тремя более крупными и эффективными компрессорами (капитальные затраты 44 тысячи фунтов в ценах 1993 г.), управлявшимися автоматом для обеспечения требуемого давления, позволила сократить текущие затраты на энергию (21 тысяча фунтов стерлингов) и планово-предупредительный ремонт (12,4 тысячи фунтов стерлингов); решение окупилось в течение 15 месяцев.

Электродвигатели с переменной скоростью и высокоэффективные моторы

Моторы, обеспечивающие плавную регулировку скорости, могут использоваться во всех случаях, когда двигатели работают с жидкими или газообразными средами — в вентиляторах, насосах, компрессорах и в ходе процесса несут переменную нагрузку. Такие системы позволяют менять скорость мотора за счет частотного преобразователя, позволяя экономить энергию за счет снижения непроизводительных расходов.

Обычно, если требуемая нагрузка меньше мощности вентилятора, приходится использовать механические заслонки. Это приводит к падению давления, что, в свою очередь, проявляется в большем энергопотреблении из-за резких перепадов давления. Вместо механических заслонок следует использовать частотные преобразователи, которые дают возможность регулировать скорость индукционных двигателей переменного тока. Такие системы позволяют обеспечивать регулирование потока воздуха, давая при низкой нагрузке существенное снижение потребления электроэнергии. Также уменьшается уровень шума, что способствует более благоприятным условиям труда.

При приобретении двигателей также нужно учитывать, что эффективность оборудования гораздо важнее цены, так как нередко двигатели могут потребляют количество энергии, по стоимости эквивалентное цене этого оборудования, уже за несколько недель использования.

Освещение, отопление и горячее водоснабжение

Практика показывает, что кампании по переходу на энергоэффективное (экономичное) осветительное оборудование также окупаются достаточно быстро. Отопление помещений и горячее водоснабжение могут стать потребителями теплоты, отходящей от стекловаренной печи. На небольших предприятиях использование рекуператоров, утилизирующих теплоту отходящих газов, позволяет полностью удовлетворить потребности в отоплении помещений и горячем водоснабжении. На крупных заводах количество теплоты отходящих газов в значительной степени превышает ее потребление на отопление и горячее водоснабжение, и для получения необходимого количества горячей воды после рекуператоров могут устанавливаться котлы-утилизаторы.

Процедуры управления и вовлечение персонала

Для каждого предприятия может быть разработан и реализован целый ряд подходов, основанных не столько на внедрении особого оборудования, сколько на модификации процедур и приемов работы и использовании лучшей практики. Эти подходы включают несколько обязательных компонентов:

- предварительная оценка ситуации и постановка количественных задач сокращения энергопотребления;
- подготовка персонала и развитие системы мотивации работающих;
- оценка требуемых инвестиций.

Системы принудительного кислородного дутья

Принудительное кислородное дутье

Этот метод основан на использовании вместо воздуха горения кислорода (газообразного или сжиженного) чистотой больше 93-99%. Такой подход приводит к резкому сокращению образования оксидов азота. Решение о применении принудительного кислородного дутья, безусловно, принимается руководством предприятия; при этом ключевыми факторами, принимаемыми во внимание, являются производительность и тип стекловаренной печи.

Крупные стекловаренные печи. Переход от использования современных эффективных регенераторных печей к принудительному кислородному дутью обычно не ведет к повышению эффективности использования энергии. Сокращение затрат за счет отказа от подогрева азота, содержащегося в воздухе для горения, перевешивается потерями энергии с отходящими газами и ее затратами на производство кислорода. Маловероятно, что принудительное кислородное дутье будет целесообразным решением для крупных предприятий, если только оно не будет определяться условиями перестройки печи (например, существенным увеличением производительности на той же площади цехов) или не будет ужесточено законодательство в части выбросов NO_x .

При оценке целесообразности применения метода, следует учитывать ряд связанных с ним дополнительных преимуществ:

- увеличение удельного съема стекломассы (с единицы площади варочного бассейна) за

счет повышения температуры; уменьшение потребности в дополнительном электроподогреве;

- уменьшение уноса шихты за счет меньшего объема атмосферы печи и, следовательно, снижение выбросов загрязняющих веществ;
- сокращение размеров и мощности газоочистного оборудования в связи со снижением объема отходящих газов.

К недостаткам принудительного кислородного дутья, о которых не следует забывать, относятся:

- стоимость кислорода и затраты энергии на производство O_2 ;
- затраты на необходимые изменения на промплощадке (размещение хранилища кислорода, создание разводящей сети, закупку специальных горелок, разработка и внедрение процедур обращения с кислородом).

В настоящий момент (1996 г.) методы утилизации тепла горячих отходящих газов процесса принудительного кислородного дутья еще не вполне отработаны (см. ниже).

Малые стекловаренные печи (с небольшими системами утилизации тепла или без таковых). Малые печи обычно или не оснащены системами утилизации тепла, или такие системы невелики малоэффективны. Именно в этом случае преимущества применения принудительного кислородного дутья сразу становится очевидным. Выгоды, получаемые за счет снижения энергозатрат на работу малых печей, гораздо более существенны. Сокращение объемов воздуха для горения на 80% приводит к снижению количества теплоты, требуемой для его подогрева, и теплоты, теряющейся с отходящими газами. Впрочем, перечисленные выше преимущества и недостатки также относятся и к малым печам.

В качестве примера результатов внедрения метода принудительного кислородного дутья можно рассмотреть данные предприятия по производству стекловолокна. Производство стекловолокна сопровождается значительными выбросами летучих неорганических веществ, что может приводить к блокированию рекуператоров и сокращению производительности печи. Для устранения этой проблемы и снижения выбросов NO_x на предприятии было решено применить метод принудительного кислородного дутья. В качестве альтернатив рассматривалась очистка отходящих газов от взвешенных частиц в электрофильтрах и электрорварка, но их экономическая целесообразность не была обоснована.

В результате внедрения принудительного кислородного дутья параметры процесса изменились следующим образом:

- | | |
|--|----------------|
| ▪ Производительность печи | + 25% |
| ▪ Потребление природного газа | – 48% |
| ▪ Поток отходящих газов | - 84% |
| ▪ Удельные выбросы оксидов азота | - 70% |
| ▪ Удельные выбросы пыли (взвешенных в-в.) | – 60% |
| ▪ Затраты энергии на дополнительный электрообогрев | без изменений. |

Таким образом, существует целый ряд аргументов в пользу применения принудительного кислородного дутья в обсуждаемых подотраслях стекольного производства. Основным фактором, препятствующим широкому распространению этого подхода — стоимость кислорода. Но в тех случаях, когда функционирующие печи характеризуются низкой энергоэффективностью и, кроме того, ожидается ужесточение требований к выбросам загрязняющих веществ, принудительное кислородное дутье должно рассматриваться как одно из перспективных решений.

Частичное принудительное кислородное дутье. Как одна из альтернатив совершенствования энергоэффективностью регенеративных печей с несколькими парами горелок может рассматриваться прием, когда одна пара горелок переводится на принудительное кислородное дутье, а остальные продолжают эксплуатироваться в обычном режиме. В этом случае появляется возможность до определенной степени повысить температуру, несколько снизить

расход теплоты на подогрев азота, по-прежнему получая выгоды от общепринятой системы регенераторов.

Производство тепловой и электрической энергии

Одновременное производство тепловой и электрической энергии позволяет в максимальной степени использовать теплотворную способность топлива. Предприятия, организующие производство тепловой и электрической энергии, не зависят от закупок электроэнергии и утилизируют тепло отходящих газов. В результате топливо используется более эффективно, и общее КПД использования топлива возрастает с приблизительно 30% (использование электроэнергии с учетом КПД ее производства и потерь при передаче) до почти 89%. Преимущества для производителей стекла включают:

- снижение затрат на энергию (в ряде случаев — на 30%)
- сокращение выбросов NO_x , SO_x и CO_2
- снижение рисков (связанных со стабильностью поставок электроэнергии, необходимой для производства)
- в некоторых случаях — возможность получения выгод от продажи энергии.

С возрастанием конкуренции и необходимости сократить затраты на энергию одновременное производство тепловой и электрической энергии получает все большее распространение во многих отраслях, но в стекольной оно находится на начальной степени развития. Существует целый ряд факторов, которые необходимо принимать во внимание при принятии решения об одновременном производстве тепловой и электрической энергии. При том, что постоянная потребность в электроэнергии в стекольном производстве очевидна, возможности использования тепловой энергии следует тщательно оценивать; в противном случае эффективность (в том числе, экономическая) процесса будет невысокой.

Направления использования тепловой энергии включают:

- тепловая обработка стекловолокна (применяется горячий воздух при температурах около 230 °С);
- предварительный нагрев шихты или стеклобоя: в процессе одновременного производства электрической и тепловой энергии образуются отходящие газы с температурами около 400 — 500 °С, которые «чище», чем дымовые газы процесса стекловарения и, тем самым, более пригодны для предварительного подогрева шихты и стеклобоя;
- гранулирование шихты;
- частичная или полная осушка осадка сточных вод перед отправкой его на полигон;
- предварительный подогрев газов, поступающих в регенераторы или рекуператоры;
- отжиг стекла;
- обогрев помещений и обеспечение хозяйственных нужд.

В любом случае, принятию решения об одновременном производстве тепловой и электрической энергии должен предшествовать тщательный экономический анализ. На рынке доступно оборудование мощностью от 20 кВт до сотен МВт. Решение о его выборе зависит от характеристик конкретной площадки, в том числе:

- графика работы;
- графика энергопотребления;
- потребности в тепловой энергии;
- особенностей снабжения топливом.

В Великобритании капитальные затраты на сооружение установок одновременного производства тепловой и электрической энергии варьируют от сотен до многих миллионов фунтов стерлингов (в зависимости от масштабов сложности схемы); срок окупаемости составляет 3-4 года. В условиях, когда цены на природный газ много ниже цен на электроэнергию, одновременное производство тепловой и электрической энергии вполне оправдано.

Описанные обстоятельства свидетельствуют о том, что однозначные рекомендации по развитию одновременного производства тепловой и электрической энергии на стекольном предприятии сформулированы быть не могут.

Утилизация теплоты отходящих газов

Утилизация теплоты отходящих газов в обсуждаемых подотраслях осуществляется путем применения регенераторов и рекуператоров. Но, тем не менее, значительные количества теплоты продолжают теряться. Процесс стекловарения сопровождается выбросом больших объемов дымовых газов с температурой 350 °С — 600 °С для печей регенеративного типа и с температурой до 900 °С для рекуперативных печей. Тепловая энергия отходящих газов составляет 25-40% от общего энергопотребления печи. Есть целый ряд подходов, позволяющих утилизировать теплоту отходящих газов; все они основаны на организации теплообмена между отходящими газами и другой подвижной средой (воздухом, водой, другими теплоносителями).

В прошлые годы проблема утилизации теплоты отходящих газов состояла в высоких капиталовложениях и медленной окупаемости проектов. Но сейчас, в условиях быстрого развития технологических решений и появления новых требований законодательства, казавшаяся несколько лет назад нерентабельной утилизация теплоты отходящих газов может быть весьма привлекательным решением. В связи с этим представляется целесообразным рассматривать возможные альтернативы, часть из которых описана ниже.

Производство электроэнергии

Высокотемпературные отходящие газы из регенераторов и рекуператоров могут быть использованы для производства электроэнергии в паровых турбогенераторах. На практике можно утилизировать 50-60% теплоты отходящих газов, так как температура выброса должна оставаться на уровне 230°С с тем, чтобы предотвратить конденсацию кислот (из кислых газов).

Производство сжатого воздуха

Дымовые газы могут использоваться для производства сжатого воздуха. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что на стеклотарном предприятии количество сжатого воздуха, произведенного с использованием теплоты отходящих газов, практически соответствовало бы потребности завода в сжатом воздухе. Непосредственное производство сжатого воздуха более эффективно по сравнению с производством электроэнергии и последующим ее использованием для производства сжатого воздуха. Подобные системы уже установлены на некоторых заводах в Германии и США,

Предварительный подогрев шихты и стеклобоя

Теплота отходящих газов может быть использована для предварительного подогрева стеклобоя и/или шихты. Снижение затрат на энергию при этом составляет 12-15%, а в некоторых случаях достигает 20%. Шихта и стеклобой могут подогреваться до температур в диапазоне 300-350 °С, поскольку при более высоких температурах начинается спекание материалов. Также существуют установки, обеспечивающие очистку отходящих газов, пропускаемых через слой стеклобоя, от частиц пыли и их возврат в процесс одновременно с подогревом стеклобоя.

Гранулирование шихты

Формирование гранул шихты размером 5-10 мм происходит во вращающемся барабане; затем гранулы сушатся и складываются. Готовые гранулы направляются в стекловаренную печь. Технические и экономические преимущества гранулирования шихты включают:

- гранулирование — удобный способ приготовления и складирования подготовленной шихты заданного состава, что может быть особенно значимо при производстве специальных стекол;
- улучшается гомогенность стекла;

- для стекловарения требуется меньше энергии и времени; снижается интенсивность испарения и пыления при стекловарении;
- возникают дополнительные возможности для использования теплоты отходящих газов — либо для осушки гранул, либо для увеличения масштабов предварительного подогрева шихты и /или стеклобоя, так как горячий газ будет проходить через объем, заполненный относительно крупными частицами (гранулами), практически беспрепятственно, с малой вероятностью слипания частиц.

Реальные экономические преимущества могут быть ниже из-за затрат на организацию дополнительного процесса (гранулирования). Кроме того, энергия требуется для формирования и сушки гранул, хотя для этих целей можно использовать теплоту отходящих газов.

Минимизация образования отходов

Минимизация образования отходов является еще одной важной областью, в которой возможны меры по уменьшению потребления энергии с одновременным улучшением качества и ростом производства продукции.

Заметная доля брака, связанного с образованием боя, сколов, трещин и т.п., вызывается неадекватными устройством или наладкой оборудования, поддержанием технологических процессов. Таким образом, может иметь место возможность снижения непроизводительных потерь за счет лучшего контроля и оптимизации процессов, наладки или модификации оборудования. Для этого необходимо выявить источники и причины образования брака, охарактеризовать их количественно и проанализировать возможности устранения / снижения образования брака на каждой из стадий с учетом экономической целесообразности возможных мер. Подобный же подход должен применяться для снижения предусмотренных процессом непроизводительных потерь — на стяжку, обрезку и т.д.

Облегчение продукции

За последние года предприятия стеклотарной подотрасли смогли уменьшить вес части своей продукции примерно на 30%. Это дает существенную экономию материалов и энергии при производстве того же количества продукции. Метод производства облегченной тары продолжает развиваться, а также накапливается и опыт управления процессом ее производства.

Такой же подход может применяться и при производстве отдельных категорий сортовой посуды и части посуды для приготовления пищи. Хотя разработка процесса производства более легких изделий потребует специальных усилий, облегчение продукции следует рассматривать как одно из перспективных решений для более экономичного производства продукции, требуемой рынком.