

Сравнение энергоэффективности стекловаренных печей

Материалы подготовлены на основе результатов исследования, выполненного компанией TNO-TPD по заказу Правительства Королевства Нидерландов, и представленного на 62 конференции проблем стекла Университета Иллинойса в Урбана-Кампайне в 2001 г. (http://www.tno.nl/industrie_en_techniek/productieoptimalisatie_in/glas_en_keramische techno/tno_glass_publications/GPC2001EbenchBeerkenpaper2.pdf)

Документ подготовлен РОО «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).



Материалы основаны на данных исследования потребления энергии и эффективности стекловаренных печей в стеклотарной подотрасли и производстве флоат-стекла в нескольких странах. Исследование осуществлялось в рамках реализации добровольного соглашения между энергоемкими отраслями промышленности и Правительством Нидерландов, подписанного в 1999 г. и предусматривающее сравнение энергоэффективности предприятий, потребляющих более 500 ТДж энергии в год для снижения выделения CO_2 в течение ближайших 12 лет. Предприятия, участвующие в соглашении, должны продемонстрировать, что их энергопотребление находится на уровне лучших предприятий мира. Цель состоит в том, чтобы к 2012 г. все стекловаренные печи в Нидерландах входили в 10% лучших по эффективности в мире. Для тех подотраслей, для которых не доступно достаточное количество данных, будет использоваться метод сравнения с наилучшими практиками, применяющимися на наиболее эффективных печах соответствующей подотрасли в мире. Подобные сравнительные исследования будут проводиться каждые 4 года.

Исследование было основано на данных за 1999 г.; информация собиралась с помощью анкетирования. Были собраны данные, касающиеся 123 печей для производства стеклотары и 23 печей для производства листового стекла флоат-процессом, расположенных в Европе, США и Канаде, и включавшие потребление газа, жидкого топлива, электроэнергии, кислорода, теплотворная способность топлив, съем стекломассы, цвет стекла, тип печи, долю стеклобоя, среднее время пребывания стекломассы в печи. Сравнялось только энергопотребление на стекловарение, без учета энергопотребления питателей, выработочной части и т.п.

Для обеспечения корректного сравнения данные по энергопотреблению приводились к эквивалентным значениям первичной энергии, необходимой для производства электроэнергии (использовался коэффициент перевода 1 кВт электроэнергии — 9 МДж первичной энергии) и выделения кислорода воздуха (затраты электроэнергии на производства 1 нм^3 кислорода равны 0,36 МДж/ нм^3). Данные в отношении стеклотарных печей также приводились к соотношению шихта-стеклобой в загружаемых материалах 50:50.

В исследовании были определены самые эффективные стеклотарные печи, удельное энергопотребление на стекловарение которых находится в диапазоне ок. 3,82 .. 3,85 ГДж/т стекломассы при 50% стеклобоя. Печи — регенеративные с подковообразным направлением пламени, использующие натуральный газ. В целом оказалось, что цвет стекла практически не влияет на эффективность стеклотарных печей. Самыми энергоэффективными оказались большие (более 250 т/сут) печи с подковообразным направлением пламени, в особенности имеющие большие регенераторы или оборудованные системой предварительного подогрева стеклобоя или смеси стеклобой-шихта. Лучшие 10% печей потребляют ниже $4,33 \pm 0,13$ ГДж/т стекломассы. Около половины всех исследованных печей показывают приведенное энергопотребление ниже 5 ГДж/т стекломассы.

На рис. 1 показана диаграмма Сэнки для наиболее эффективных печей, не использующих предварительный подогрев сырьевых материалов, приведенных к использованию 50% стеклобоя. Эффективность регенераторов в этом случае составляет приблизительно 62%. Почти 50% потребляемой энергии уходит на разогрев стекла и реакции стекловарения. Подогрев сырьевых материалов должен повысить эффективность на примерно 10-15%.



Рисунок 1. Диаграмма Сэнки для самой эффективной стекловаренной печи (регенеративная печь с подковообразным направлением пламени, без предварительного подогрева сырьевых материалов и электроподогрева, приведенная к 50% стеклобоя

На рис. 2 показано приведенное энергопотребление стеклотарных печей в зависимости от съема стекломассы. Некоторые печи оборудованы подогревателями стеклобоя или смешанных шихты и стеклобоя. Однако среди наиболее эффективных большинство составляют печи с подковообразным направлением пламени и только 2 — с системой предварительного подогрева сырья. С учетом энергозатрат на производство кислорода печи с принудительным кислородным дутьем оказываются на том же уровне, что и регенеративные печи. Средняя печь с подковообразным направлением пламени потребляет на 6-7% меньше энергии по сравнению с печью с принудительным кислородным дутьем. Самые плохие показатели энергопотребления при учете первичного энергопотребления (затрат энергоносителей на производство электроэнергии) отмечены у рекуперативных и электрических стекловаренных печей.

Моделирование энергетического баланса печей обычного натрий-кальций-силикатного стекла приводит к оценке снижения затрат на стекловарение на 2,5-3% при замене 10% шихты стеклобоем. Анализ полученных данных говорит о более низком среднем значении, приблизительно 2,3 %. Данные показывают также, что за время службы печей в среднем их эффективность падает на 0,8-0,9% в год, хотя это значение может зависеть и от типа печей. Таким образом, за продолжительность кампании печи в 8-10 лет энергопотребление может повыситься на 7-10% за счет износа огнеупоров, изоляции, забивания насадок регенераторов.

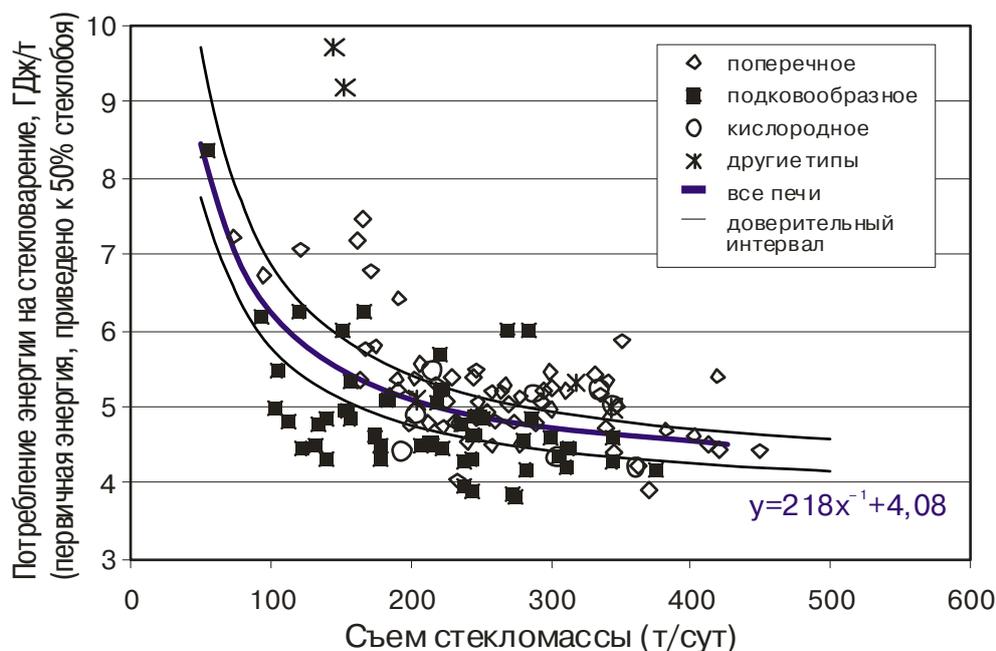


Рисунок 2. Энергопотребление стеклотарных печей в зависимости от съема стекломассы (приведение к потреблению первичной энергии и 50% стеклобоя)

Среднее значение производительности для 24 печей флоат-процесса составляет около 655 т стекломассы в сутки. Удельное энергопотребление сильно зависит от производительности печей. Так, при суточном съеме 500 т на стекловарение потребляется около 6,85 ГДж/т, а при 800 т — 5,75 ГДж/т. Данные были приведены к потреблению первичной энергии и доле стеклобоя 25%. На рисунке 3 показаны характеристики удельного энергопотребления печей в зависимости от суточного съема стекломассы и полученная корреляционная зависимость. Среднее значение удельного энергопотребления равно 6,5 ГДж/т, уровень 10% лучших печей — ниже 5,85 ГДж/т. Самая эффективная по данным исследования печь для производства флоат-стекла потребляет около 5,1 ГДж/т для производства 530-535 т стекломассы в сутки.

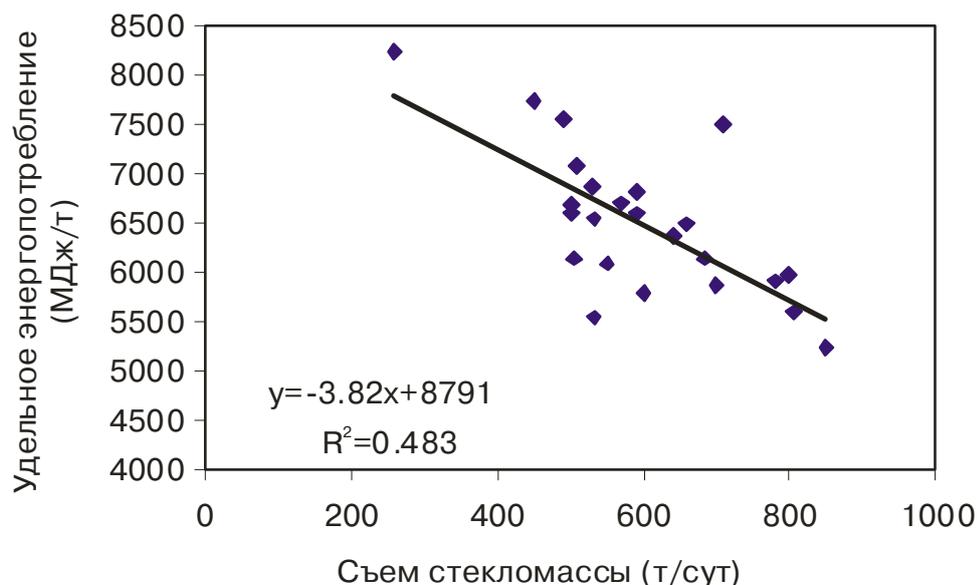


Рисунок 3. Зависимость удельного потребления энергии на стекловарение от съема стекломассы для 24 печей флоат-процесса (данные приведены к 25% доле стеклобоя)