

# **Практический пример: Новая печь со специальными мерами для эффективного использования энергии и улучшенной изоляцией Lax & Shaw, Лидс, Великобритания**

## **Краткая информация**

### **Общий объем инвестиций**

Полный объем инвестиций в реконструкцию печи составил 2,8 млн. фунтов стерлингов (в ценах 1997 г.). Дополнительные затраты на определение и осуществление мер по повышению энергоэффективности оцениваются в 188 тыс. фунтов.

### **Достигнутая экономия**

Достигнута экономия энергоресурсов в объеме 45,7 ТДж/год (12,2 %), эквивалентная экономии 312,8 тыс. фунтов стерлингов (33%) в год.

### **Срок окупаемости**

В рассматриваемом случае — 7 мес. Оценка для промышленности в среднем — 16 мес.

Материалы подготовлены на основе данных отчета 371 Программы изучения наилучшей практики Департамента охраны окружающей среды, транспорта и регионов Правительства Великобритании. Оригинальный документ доступен на сайте The Carbon Trust (<http://www.carbontrust.co.uk/>).

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).



## Описание

Компания Lax & Shaw Ltd. базируется в Лидсе, где она производит стеклотару с 1891 г. В настоящее время предприятие производит бутылки из бесцветного стекла в основном для производителей крепких алкогольных напитков Великобритании. Оно специализируется на бутылках высокого качества для марок класса «Премиум», в частности — шотландского виски. На предприятии работают 400 человек, производится около 220 млн. бутылок в год. Действуют две печи производительностью более 50 тыс. т/год (ок. 140 т/сут.) каждая.

Процесс производства стекла является чрезвычайно энергоемким и основная доля (70-80%) уходит потребляемой энергии на стекловарение. Типичная стекловаренная печь производительностью 200 т/сут. потребляет на стекловарение в год примерно 360 тыс. ГДж (ок. 1000 ГДж/сут). Основная доля больших ванн печей используют утилизацию тепла отходящих газов на основе регенераторов. Повышение эффективности регенераторных систем может обеспечить существенное снижение общего энергопотребления.

На структурные потери тепла от таких печей обычно расходуется примерно 40% потребляемой энергии. Свод печи, где рабочая температура максимальна, имеет большую поверхность и дает основной вклад в эти потери. Помимо этого, к снижению эффективности ведет также подсос холодного воздуха в печь. Герметизация конструкции печи или горелок позволяет эффективнее использовать энергию. Практический пример показывает возможности экономии энергии за счет целого спектра усовершенствований, внесенных в конструкцию печи.

Проект осуществлялся на печи №1 на предприятии в Лидсе. Печь перестраивалась в 1996 г., заменяя старую печь подобной конструкции, использовавшую электроподогрев и дополнительное кислородное дутье. Новая печь представляет собой регенеративную печь с подковообразным направлением пламени, рассчитанную на съем 240 т стекломассы в сутки. В нормальных условиях в качестве топлива используется природный газ, но конструкция печи включает и резервную систему для использования жидкого топлива для того, чтобы использовать более дешевый тариф поставок природного газа, предусматривающий возможность временного прекращения поставок.

Конструкция новой печи включает несколько особенностей, существенно улучшающих ее тепловую эффективность, в том числе

- большие по размерам и более эффективные регенераторы,
- закрытый загрузочный карман,
- улучшенную изоляцию свода,
- усовершенствованную теплоизоляцию печи, дымоходов и регенераторов,
- герметизированные горелки системы LoNO<sub>x</sub>,
- большую глубину бассейна.

Эти особенности обеспечили более низкое потребление энергии новой печью для производства большего количества стекла. Кроме того, новая печь не нуждается ни в электроподогреве, ни в дополнительном кислородном дутье, значительно снижая текущие расходы.

## Экономия энергии

Для сравнения энергопотребления печей были проанализированные еженедельные данные съема стекломассы и потребления различных форм энергии на стекловарение для «старой» и «новой» печей за год. Это позволило получить достоверные средние величины и учесть влияние сезонных климатических колебаний.

### ***Корректирующие факторы для учета потребления электроэнергии, кислородного дутья, размеров и возраста печи***

Старая печь использовала и электроподогрев, и вспомогательное кислородное дутье. На новой печи ни тот, ни другой метод не используются, что, так же как и различия в размере и возрасте печей, усложняет сравнение. Для сравнения энергопотребления в настоящем документе приняты следующие корректирующие факторы:

1. Потребление электроэнергии на электроподогрев (на эффекте Джоуля) учитывается с весовым множителем 3, приблизительно соответствующим средней эффективности использования ископаемого топлива для производства энергии.
2. Использование кислорода учитывается за счет потребления электроэнергии на его производство. Используется значение  $0,41 \text{ кВт/нм}^3$ , соответствующее использованию криогенного метода для получения кислорода, с весовым множителем 3 (см. выше).
3. Средний съем стекломассы с новой печи составляет 212 т/сут, в то время как среднее значение для старой печи составило 207 т/сут. Для получения корректирующего множителя для учета разницы размеров печей использовались данные отраслевого руководства [1]. Большие печи более эффективны в принципе за счет своего размера, и исследование показало, что изменение удельного энергопотребления с увеличением размера (суточного съема) печей можно описать зависимостью

$$\text{Удельное энергопотребление [ГДж/т]} = e^b \cdot \text{Съем [т]}^a,$$

где  $a = -0,16841$ ,  $b = 4,8814$ . Таким образом, разница в средней производительности печей соответствует корректирующему фактору 0,6%.

4. Данные для старой печи относятся к периоду, когда ее возраст был около 5 лет; для новой печи используются данные первого года ее функционирования. Для учета потери эффективности со старением печи используются коэффициенты, основанные на данных международного исследования Ассоциации британской стекольной промышленности [2]. Полученные в исследовании результаты говорили о 7 годах как средней продолжительности кампании печи и увеличении потерь на 2,5% в год. Поскольку прогресс в применяемых огнеупорных материалах позволил увеличить кампании печей в среднем до 10 лет, более реалистичным следует считать, что за год результативность печей ухудшается на 1,75%. Таким образом, 5-летняя разница в сроке службы печей соответствует 9,1 % потери производительности.

### ***Экономия энергии без учета корректирующих факторов***

Сравнимые данные в отношении старой и новой печи приведены на рис. 1 и 2. На рис. 1 показано среднее потребление теплоты на стекловарение в зависимости от съема стекломассы, на рис. 2 — удельное энергопотребление на тонну сваренной стекломассы. Оба рисунка явно показывают существенно лучшую эффективность новой печи.

Данные относительно новой печи включают несколько недель, когда компании пришлось использовать жидкое топливо в связи с перерывами в поставках природного газа. Изменение топлива не повлияло на рабочие параметры печи. Однако старая печь за эквивалентный период практически не использовала жидкое топливо. Поскольку удельное энергопотребление при сжигании жидкого топлива заметно отличается, для того, чтобы обеспечить корректное сравнение данных, периоды использования жидкого топлива были исключены из рассмотрения.

В среднем старая печь использовала 1107 ГДж для производства 207 т стекломассы в сутки. Соответствующие значения для новой печи составили 902 ГДж и 212 т стекломассы. Таким образом, среднее удельное энергопотребление старой печи составило 5,35 ГДж/т, новой — 4,25 ГДж/т, а нескорректированная экономия 20,6%.

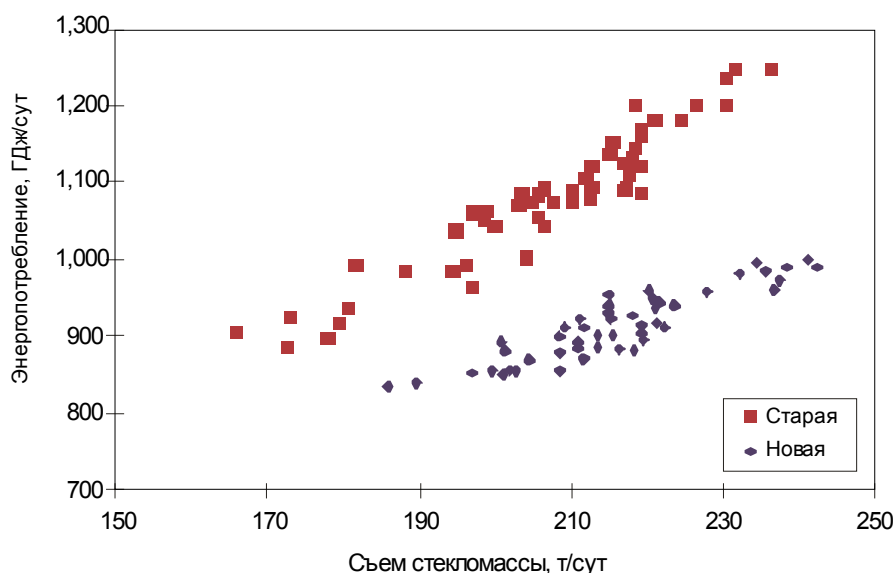


Рис. 1. Потребление энергии на стекловарение

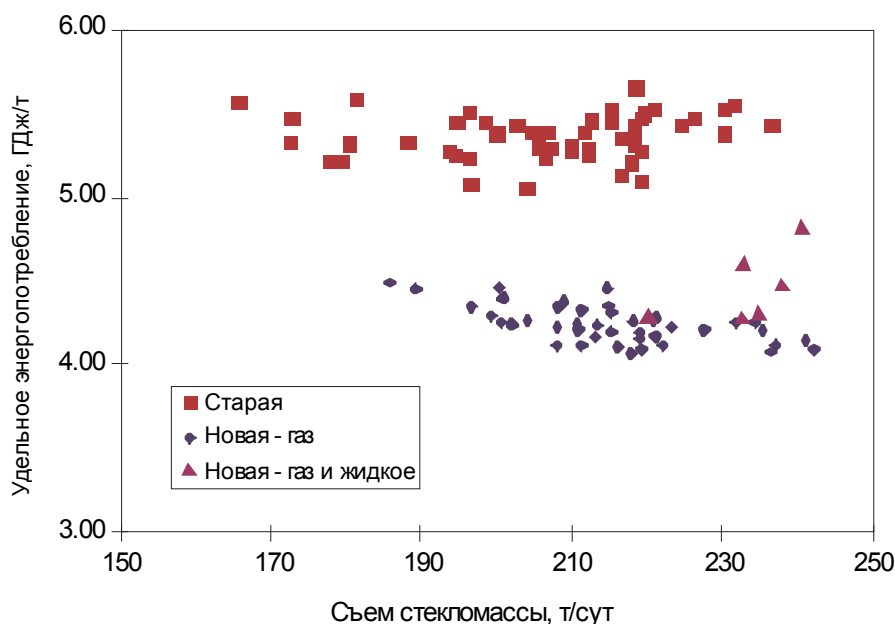


Рис.2 Удельное потребление энергии на стекловарение

### *Экономия энергии с учетом корректирующих факторов*

Суммарный корректирующий множитель соответствует учету отличий в размере и возрасте печей, и равен

$$(1 - 0,091) \cdot (1 - 0,006) = 0,904$$

Таким образом, получаем, что скорректированное удельное энергопотребление старой печи равно 4,84 ГДж/т (величина отвечает характеристикам новой печи несколько большей производительности). Тогда удельная экономия энергии (на т сваренной стекломассы) составит 0,59 ГДж/т или 12,2%, а годовая экономия энергии при среднем значении производительности — 47500 ГДж.

### **Финансовая экономия**

В таблице 1 приводятся цены на различные энергоносители, включая постоянную составляющую.

**Табл. 1 Стоимость энергоносителей, включая постоянную составляющую (по состоянию на октябрь 1997 г.)**

Энергоноситель	Стоимость, фунты стерлингов
Природный газ (поставки могут быть приостановлены, за ГДж)	1,90
Мазут (за ГДж)	3,84
Электроэнергия (за ГДж)	10,17
Кислород (за нм <sup>3</sup> )	0,067

### **Стоимость тонны стекломассы**

Относительная стоимость получения тонны стекломассы рассчитана на основе использовавшейся смеси энергоносителей. Для новой печи показаны средние значения с учетом периодов функционирования на жидком топливе, а также за период использования исключительно природного газа. Для получения скорректированного значения для старой печи использованы полученные выше корректирующие факторы. Как показывают данные таблицы, экономия на тонну составила 4,04 фунта стерлингов, или годовая экономия при объеме производства 77431 т стекломассы — 312800 фунтов стерлингов.

**Табл. 2 Средняя стоимость энергии, затрачиваемой на получение тонны стекломассы**

Энергоноситель	Средняя стоимость на тонну стекломассы, фунтов стерлингов			
	Старая печь (нескоррект.)	Старая печь (скорректир.)	Новая печь (смесь топлив)	Новая печь (газ)
Природный газ*	8,20	7,41	7,60	8,06
Мазут	0,03	0,03	1,15	—
Электроэнергия	2,98	2,70	—	—
Кислород	2,17	1,98	—	—
<b>Всего</b>	<b>13,38</b>	<b>12,10</b>	<b>8,75</b>	<b>8,06</b>

### **Вклад в экономию**

Полный объем инвестиций в реконструкцию печи составил 2,8 млн. фунтов стерлингов. Однако поскольку ремонт печи был необходим и осуществлялся в запланированный период, для анализа эффективности капиталовложений учитываются только дополнительные затраты на определение и осуществление мер по повышению энергоэффективности, размер которых оценивается в 188 тыс. фунтов. Оценка вклада различных реализованных мер в достигнутую экономию энергоресурсов показана на рисунке 3.



Рис. 3. Относительный вклад различных мер по повышению эффективности в достигнутую экономию

### **Окупаемость**

В проекте был достигнут период окупаемости, равный 7 месяцам. Значительная часть экономии была достигнута за счет того, что было прекращено использование кислорода и электроподогрева. Большинство других крупных печей не используют эти методы и потому маловероятно, что срок окупаемости будет настолько мал. С учетом средней цены используемой для стекловарения энергии, составляющей 3,05 фунтов стерлингов на ГДж [1], более типичной был бы срок в 16 месяцев.

### **Литература**

1. Energy Efficiency Best Practice Consumption Guide 27 — The glass container industry (В рамках реализации проекта на основе данного руководства подготовлена публикация «Энергопотребление в стеклотарном производстве»)
2. British Glass Technical Note #318. International survey of furnace performance of glass container furnaces, part 5 — length of campaign and age