

УДК 504.06: 658.26

**О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ВЫПОЛНЕНИЯ
ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO₂
В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Нияковский А.М., ст. преп.

*Полоцкий государственный университет,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Ключевые слова: эмиссия парниковых газов, эксергетический анализ, оптимизация, теплоэнергетические системы.

Реферат. *Предлагается совместить эксергетический анализ теплоэнергетической системы и расчёты, направленные на уменьшение вклада этой системы в эмиссию парниковых газов. Для этого предлагается использовать условный показатель объёма эмиссии CO₂, приходящегося на единицу эксергии первичного топлива и производных потоков энергии, максимально сокращая его потребление.*

Построение теплоэнергетической системы промышленного предприятия относится к таким задачам, когда эффекты от совершенствования теплотехнологий отдельных агрегатов требуется соотносить с изменениями эффективности системы в целом. Наличие такой суперпозиции эффектов неизбежно приводит к многовариантности в решении возникающих проблем и выбору одного решения из множества потенциально возможных. Основные положения теории интенсивного энергосбережения в промышленных теплотехнологиях заложены в работах А. Д. Ключникова, Б. С. Сажина, Б. В. Сазанова [1 – 3], получивших своё развитие в исследованиях, выполненных В. Н. Романюком и др. [4– 6].

Выбор эффективного варианта трансформации системы с целью повышения её эффективности состоит в выявлении функций цели и оценке необходимых издержек (в широком смысле) для оптимизации этой функции в избранной области её определения. Всё это, помимо нахождения внутрисистемных связей, требует формулирования специфических для данной технической отрасли методов оценки эффективности принимаемых решений, а также разработки комплекса соответствующих критериев на основе существующих методов анализа.

В отношении задач совершенствования теплоэнергетических систем действующих промышленных предприятий базой для формирования такого комплекса критериев эффективности служит термодинамический анализ, в том числе и одно из наиболее эффективных его направлений – эксергетический анализ [7]. С позиций такого анализа подлежащая оптимизации целевая функция исследуется для отыскания наилучших условий, обеспечивающих высокое значение показателя эксергетического КПД_e системы

$$\eta_e = (\Sigma E' - E^{tr}) / (\Sigma E'' - E^{tr}) = E_{исп.} / E_{расч.} \quad (1)$$

где $\Sigma E'$ и $\Sigma E''$ представляют собой соответственно эксергетический вход и выход термодинамической системы, а $E_{исп.}$, $E_{расч.}$ и E^{tr} имеют смысл соответственно эксергии, использованной для реализации целей технической системы, располагаемой эксергии и транзитной эксергии, кДж.

Составляющие входящих в уравнение (1) величин определяются в зависимости от особенностей анализируемого производственного процесса. Общие потери эксергии в теплоэнергетической системе представляют собой простую сумму внешних и внутренних её потерь, которую можно определить на основе балансового уравнения эксергии

$$\Sigma D = \Sigma D_i + \Sigma D_e = \Sigma E' - \Sigma E'', \quad (2)$$

где ΣD_i и ΣD_e – соответственно внутренние и внешние потери эксергии, кДж.

В теплоэнергетической системе сложной структуры все потери эксергии ΣD следует разделить на технические ΣD_m , обусловленные несовершенством отдельных элементов

структуры, и структурные ΣD_c , причина которых состоит в нерациональном композиционном построении системы. Соотношение этих двух видов потерь эксергии позволяет судить о направлениях совершенствования теплоэнергетической системы. В первом случае речь идёт о технических мероприятиях, связанных с модернизацией и повышением энергоэффективности оборудования, а во втором – об изменении структуры системы: числа составляющих её элементов и их взаимосвязей.

Уравнения (1) и (2) в рассматриваемом контексте носят универсальный характер: с их помощью можно составлять балансы эксергии и вычислять эксергетический КПД_е как для системы в целом, так и для отдельных её частей, всякий раз соответствующим образом проводя контрольную поверхность. Однако этот метод не даёт ответа на вопрос об экологической цене термодинамического совершенства системы. Вместе с тем постановка такого вопроса является правомерной и своевременной. Очевидно, что из двух процессов, обладающих одинаковыми величинами КПД_е, предпочтение следует отдавать такому из них, который обладает наилучшими природоохранными характеристиками. Одним из критериев, призванным выступить в качестве дополнительного ограничения при исследовании целевой функции, которое проводится с целью оптимизации теплоэнергетической системы, является показатель, характеризующий эмиссию парниковых газов, в частности, выбросов CO₂. В работах [8] и [9] нами ранее уже был сформулирован такой подход. В его развитие предлагается для контроля эмиссии парниковых газов использовать условный показатель – величину эмиссии, приходящейся на единицу эксергии вещества в потоке. Необходимые для её расчёта сведения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения о теплотворной способности, величине химической эксергии и удельной эмиссии диоксида углерода для наиболее распространённых первичных топлив

Вид топлива	Теплотворная способность низшая, кДж/кг	Низшая теплотворная способность в туг/кг	Химическая эксергия, кДж/кг	Эмиссия тCO ₂ /туг	Эмиссия CO ₂ в расчёте на единицу эксергии, кгCO ₂ /(кДж/кг)
Берёза	10815	0,3687	12106	3,285	0,1001
Ольха	10805	0,3684	12109	3,285	0,0999
Осина	10617	0,3620	11905	3,285	0,0999
Сосна	10986	0,3746	12268	3,285	0,1003
Ель	10769	0,3672	12096	3,285	0,0997
Природный газ	≈50000	1,7047	51101	1,596	0,0532

*) при определении величин теплотворной способности и эксергии топлив использованы сведения, приведённые в [10]

На основании данных таблицы 1, можно рассчитать эмиссию CO₂ на единицу эксергии также и для производных эксергетических потоков, в частности, для электрической и тепловой энергии (по количеству потреблённого на их генерацию и транспорт первичного топлива). С целью совершенствования существующих и проектируемых теплоэнергетических систем промышленных предприятий в ходе выполнения направленного на это эксергетического анализа предлагается оценивать эксергетический вход и выход теплоэнергетической системы не только по величинам составляющих их потоков эксергии, но и по вкладу в эмиссию диоксида углерода. Причём необходимо исходить из того, что эксергетический вход формирует чистый приток CO₂, а эксергетический выход может формировать снижение эмиссии, если в его составе будут потоки эксергии, которые можно использовать для последующих энергетических превращений, например, замещая первичное топливо. При этом как в целях повышения эксергетического КПД, так и в целях снижения вклада анализируемой системы в эмиссию CO₂, следует при формировании эксергетического выхода путём реструктуризации теплоэнергетической системы максимально вовлекать в него вторичные энергетические потоки, способные замещать первичное топливо. Такой подход будет соответствовать концепции устойчивого развития и методологии анализа жизненного цикла (LCA) в сфере производства продукции и услуг.

Список использованных источников

1. Ключников, А. Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения / А. Д. Ключников // Промышленная энергетика. – № 4. – 2001. – С. 12–17.
2. Сажин, Б. С. Эксергетический метод в химической технологии / Б. С. Сажин, А. П. Булеков. – М.: Химия, 1992. – 208 с.
3. Сазанов, Б. В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
4. Романюк, В. Н. Интенсивное энергосбережение в промышленных теплотехнологиях / В. Н. Романюк; под общ. ред. д.т.н., проф., акад. НАН Беларуси Б. М. Хрусталева. – Минск : БНТУ, 2009. – 380 с.
5. Романюк, В. Н. К вопросу рационального построения теплоэнергетической системы промышленных предприятий / В. Н. Романюк, В. К. Судиловский, И. В. Баук, Е. В. Томкунас // Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2001. – № 5. – С. 81–86.
6. Романюк, В. Н. Пути повышения эффективности использования первичного топлива в Республике Беларусь / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич // Энергетическая стратегия. – 2013. – № 3. – С. 39–43.
7. Бродянский, В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
8. Нияковский, А. М., Москалёнок, Ф. И., Сидорова, А. Ю. Выбор оптимальной плотности теплового потока при расчёте тепловой изоляции трубопроводов с целью обеспечения заданного коэффициента полезного действия тепловой сети и снижения выброса вредных веществ в атмосферу / А. М. Нияковский, Ф. И. Москалёнок, А. Ю. Сидорова // Материалы докладов 50 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвящённой году науки. Том 1. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2017. – С. 299–302.
9. Нияковский, А. М., Москалёнок, Ф. И., Сидорова, А. Ю. К вопросу выбора расчётной производительности системы горячего водоснабжения при замене кожухотрубных подогревателей на пластинчатые / А. М. Нияковский, Ф. И. Москалёнок, А. Ю. Сидорова // Материалы докладов 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Том 1. – Витебск : ВГТУ, 2018. – С. 376–378.
10. Степанов, В. С., Степанова, Т. Б., Старикова, Н. В. Определение химической энергии и эксергии древесных топлив / В. С. Степанов, Т. Б. Степанова, Н. В. Старикова // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 1 (33). – С. 91–96.

УДК 677.027.4

О ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПЕЧАТАНИЯ ПОЛИЭФИРНЫХ ТКАНЕЙ

Петрова-Куминская С.В., доц., Баранов О.М., доц.

*Могилевский государственный университет продовольствия,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Ключевые слова: триклозан, интенсивность окраски, печатание, устойчивость окраски к трению.

Реферат. *Впервые триклозан использовался как интенсификатор процесса печатания полиэфирных текстильных материалов. Проведена работа по изучению влияния на интенсивность окраски и устойчивость окраски к трению в сухом и мокром состоянии концентрации триклозана, времени обработки материала, температуры зреления и концентрации дисперсного красителя в печатной краске. На основании проведенных экспериментов можно заключить: интенсификатор эффективен при печатании. Он позволяет снизить температуру зреления (~40 °С) или концентрацию красителя; влияние интенсификатора увеличивается с повышением его концентрации и времени обработки материала (с 20 до 60*