

сти энергоподвода к системе форма—изделие позволяют более чем в 3 раза сократить чистое время сушки изделий и в 2,2—2,5 раза сократить длительность технологического процесса (обработки изделия в сушильно-формовочном агрегате).

Модернизация действующей сушильной установки предусматривает монтаж коллекторов энергоподвода и охлаждения с насадками для подачи газозвушной смеси и воздуха, а также размещение дополнительных тяго-дутьевых устройств. При этом производительность сушильно-формовочного агрегата существенно увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавин Н.А. Теплотехника в производстве фарфора и фаянса. — М., 1972. — 12. — 440 с. 2. А. с. Англия 1.124.291. F26B15/00 1968. 3. Туманов Н.С. Автоматизированная линия для производства полых фарфоровых изделий // Стекло и керамика. — 1971. — № 7. — С. 43—45.

УДК 662.6.004.14

Е.Г.МИГУЦКИЙ, канд.техн.наук,
Д.А.ХУДОЛЕЙ (БПИ)

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

При разработке вопросов утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) наряду с организационными и техническими задачами необходимо искать пути создания оптимальной системы использования ВЭР. Наличие на предприятии нескольких потребителей тепла ВЭР, их разных температурный режим работы позволяет при использовании вторичных энергоресурсов иметь несколько вариантов построения системы утилизации.

Основным видом тепловых ВЭР на машиностроительных предприятиях является тепло дымовых газов от нагревательных и термических печей, утилизацию которого целесообразно осуществлять последовательно ступенчатым использованием [1, 2]. Это позволит наиболее полно использовать энергетический потенциал топлива.

Системы утилизации тепла уходящих газов представляют собой совокупность блоков, связанных между собой материальными и энергетическими потоками таким образом, что выходные переменные одних блоков оказываются входными параметрами других. Здесь, как правило, существует влияние каждого блока на общий критерий оптимизации.

В качестве критерия оптимизации для систем утилизации используется показатель приведенного дохода [3]:

$$D = \sum_{i=1}^n \Pi_i G_i - \sum_{i=1}^n S - E_n K ,$$

где Π_i — цена утилизируемой энергии i -й установки, руб./МДж; G_i — годовой

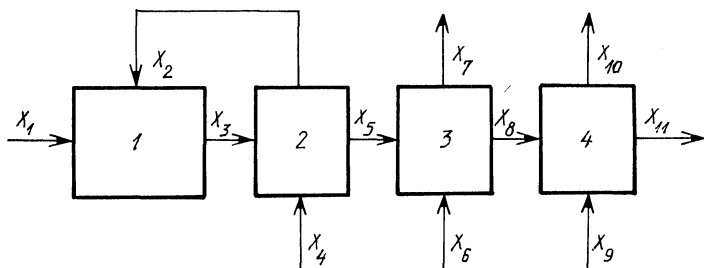


Рис. 1. Схема использования тепла уходящих газов термических печей кузнечного цеха: 1 – термическая печь; 2 – теплообменник для подогрева воздуха, поступающего на горение; 3 – газоводяной теплообменник; 4 – теплообменник для подогрева вентиляционного воздуха.

выпуск утилизированной энергии, ед. энергии; $\sum_{i=1}^n S$ – суммарные эксплуатационные затраты, руб/год; E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; K – стоимость производственных фондов, руб.

В качестве примера рассмотрим систему утилизации тепла уходящих газов энергетических печей. Анализ показал, что в кузнечном цехе вероятными потребителями тепла уходящих газов печей могут быть такие системы, как подогрев дутьевого воздуха и теплофикационной воды, а также воздушное отопление цеха. Поскольку нагрев дутьевого воздуха происходит до температуры 300–350 °С, воды до 150 °С и воздуха для воздушного отопления до 70 °С, целесообразно применение ступенчатой схемы утилизации (рис. 1).

Математическая модель оптимизируемой системы утилизации описывается следующей системой уравнений и неравенств:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 - X_3 = 0, \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} a_{23}X_3 + a_{24}X_4 - X_2 &= 0; \\ a_{33}X_3 + a_{34}X_4 - X_5 &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} a_{45}X_5 + a_{46}X_6 - X_7 &= 0; \\ a_{55}X_5 + a_{56}X_6 - X_8 &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} a_{67}X_7 + a_{56}X_6 - X_8 &= 0; \\ a_{77}X_7 + a_{79}X_9 - X_{11} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$X_2 = X_1 K; \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} X_{11} &= 1; \quad a_{23} + a_{33} = 1; \quad a_{45} + a_{55} = 1; \quad a_{67} + a_{77} = 1; \\ a_{12} &= 1; \quad a_{24} + a_{34} = 1; \quad a_{46} + a_{56} = 1; \quad a_{67} + a_{79} = 1; \\ 0,1 &\leq a_{23} \leq 0,3; \quad 0,7 \leq a_{33} \leq 0,9; \quad 0,2 \leq a_{45} \leq 0,6; \quad 0,4 \leq a_{55} \leq 0,8; \\ 0,4 &\leq a_{67} \leq 0,6; \quad 0,4 \leq a_{77} \leq 0,6; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$X \leq 0,055 \text{ кг/с}, \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} X_6 &\leq 40 \text{ кг/с}; \\ X_9 &\leq 27 \text{ кг/с}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

В данной модели X_1 — основной энергоресурс, поступающий со стороны; X_3, X_5, X_8, X_{11} — вторичные энергоресурсы, производимые в системе утилизации; X_2, X_7, X_{10} — основные продукты, производимые в системе; a_{ij} — доля использования j -го энергоресурса при производстве ij -го продукта (основного или вторичного); K — коэффициент, характеризующий соотношение газ—воздух.

Системы уравнений (1)–(8) представляют собой балансовые соотношения элементов схемы утилизации. В системе (6) равенства вида $\sum a_{ij} = 1$ отражают требование полного использования j -го энергоресурса. Неравенства вида $a_{ij} \leq a_{ij} \leq a_{ij}$ характеризуют технические возможности аппаратного оформления процессов, происходящих в элементах схемы при различных способах утилизации вторичных энергоресурсов. При этом a_{ij} и a_{ij} — соответственно, нижний и верхний пределы изменения a_{ij} .

Целью оптимизации исследуемой системы утилизации является минимизация целевой функции

$$F = \sum_j C_j(a_{ik})X_j,$$

где C_j — стоимость используемых энергоресурсов.

При рассмотрении различных схем утилизации изменения вносятся в основном в энергетическую составляющую эксплуатационных затрат. Поэтому сравнение их вариантов проводилось по количеству энергоресурсов, замещаемых за счет использования ВЭР, с учетом капитальных затрат. Особенностью проведенного поиска оптимального варианта системы утилизации является учет не только количественных, но и качественных показателей утилизируемой энергии. Для этого рассматривался не расход замещаемой энергии, а расход энергии с использованием введенного понятия ее стоимости.

Задача нахождения оптимальной схемы сводится к оптимизации различных схем, включающих в свою структуру утилизационное оборудование. Оптимизация каждого варианта проведена методами линейного программирования с использованием стандартной программы на ЭВМ "Искра 226". В качестве утилизационного оборудования рассмотрены регенератор для подогрева дутьевого воздуха, трубчатый водоподогреватель для подогрева теплофикационной воды, теплообменник для подогрева приточного воздуха и пластинчатый теплообменник для нагрева воздуха, идущего на воздушное отопление. В качестве сравниваемых вариантов использовались различные комбинации перечисленного оборудования.

В результате оптимизационного расчета получено, что наиболее оптимальной является схема, включающая 4 ступени утилизации. Капитальные затраты при этом составляют 19320 руб., а экономический эффект 40657 руб. Температура дымовых газов при этом снижается с 900°C на входе в рекуператор до 40°C на выбросе из цеха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Равич М.Б. Экономия топлива в промышленной энергетике. — М., 1982. — 225 с.
2. Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на машиностроительных предприятиях / В.М.Букато, А.И. Козлов, Е.Г. Мигущий, Д.А. Худолей. Минск, 1983. — 22 с.
3. Островский Г.М., Волин Ю.М. Методы оптимизации сложных химико-технологических схем. — М., 1970. — 150 с.

УДК 66.095.5

А.П.НЕСЕНЧУК, В.А.СЕДНИН, В.Н.РОМАНИЮК,
канд-ты техн. наук, А.П.ВАЛУЕВ, В.И.ЧЕРНЫШЕВИЧ,
Д.И.ШКЛОВЧИК (БПИ)

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ В ТЕРМИЧЕСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ДЕСОРБЕРЕ

В результате выделения газообразного сорбата возможно псевдооживление дисперсного материала [1] .

Традиционный вариант термического десорбера с псевдооживленным слоем показан на рис. 1, а. Псевдооживление обеспечивается подачей газообразной фазы газодувкой 1 под газораспределительную решетку 2. При этом скорость газообразной фазы в нижнем сечении десорбера $w_{гн}$ выразится из условия [2]

$$w_{гн} \geq (v_r/d) \frac{A_r}{1400 + 5,22 \sqrt{A_r}} .$$

Эта скорость обеспечивает минимальное псевдооживление в нижнем сечении. Сорбент, насыщенный сорбатом, поступает через штуцер 4 и перемещается к патрубку 5. Благодаря подводу теплоты от нагревателя 3, по мере движения твердой фазы, происходит десорбция газообразного сорбата, который, смешиваясь с псевдооживленным агентом, поднимается вверх. Задаваясь расходом твердой фазы на единицу сечения десорбера G_r и начальной адсорбцией твердой фазы a , можно найти расход сорбата на единицу сечения аппарата:

$$G_r = a G_r .$$

Эквивалентная скорость будет

$$w_{га} = a G_r / \rho_r . \quad (1)$$

Если предположить, что сорбат и псевдооживляющий агент несжимаемы, то скорость газообразной фазы в верхнем сечении составит

$$w_{гв} = w_{гн} + w_{га} .$$

Для определения порозности в верхнем сечении воспользуемся [2]

$$w_r = (v_r/d) \frac{A_r \epsilon^{4,75}}{18 + 0,6 \sqrt{A_r} \cdot \epsilon^{4,75}} . \quad (2)$$