

лофикационную систему города возможно передать до 300 МВт тепла ВЭР предприятий.

Формирование тепловых мощностей промышленного района рассматривалось как с ТЭЦ, так и с котельными.

Во всех случаях экономия топлива от использования ВЭР промышленности определялась по известной методике [2], в соответствии с которой экономия топлива ($\Delta V_{\text{ВЭР}}$) при передаче тепла ВЭР на ТЭЦ несколько ниже, чем в котельную. Однако временное снижение загрузки отбора турбины восстанавливается за счет подключения дополнительных потребителей тепла ТЭЦ. В целом можно считать, что $\Delta V_{\text{ВЭР}} = 0,04 \text{ т. у. т. / ГДж.}$

Наличие тепловых сетей и разводок во всех цехах предприятий, значительное упрощение утилизационных устройств по нагреву сетевой воды в сравнении с котлами-утилизаторами, рекуператорами и другими установками обеспечивает также и экономию капитальных вложений. Например, расчеты показывают, что вариант с установкой на нагревательных печах и других установках, сжигающих газ, однорядного рекуператора (обеспечивая подогрев воздуха до 300°C) и дополнительных поверхностей, охлаждаемых сетевой водой по приведенным затратам, на 20-30% лучше, чем вариант с установкой многоступенчатого рекуператора.

Внедрение приведенного метода теплофикационного преобразования ВЭР дает экономию топлива по г. Минску до 100 тыс. т у.т./год.

Л и т е р а т у р а

1. Семененко Н.А. Организация теплоиспользования и энерготехнологическое комбинирование в промышленной огнетехнике. М., 1976. 2. Методика определения выхода экономической эффективности использования ВЭР. М., 1972.

УДК 66.074.8

С.В.Сомова, А.П.Несенчук, канд.техн. наук

ЭКСТРЕМУМЫ КРИТЕРИЕВ ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ПОТОКЕ ТВЕРДОГО АДСОРБЕНТА

Во многих технологических процессах производится очистка газовых смесей от углекислоты. При этом решающую роль играет стадия термической десорбции, оптимальное проведение которой значительно увеличивает эффективность работы промышленных установок.

Исследования производились на экспериментальной установке полуразомкнутого типа в потоке типа "газовзвесь". В качестве адсорбента применялся синтетический микросферический цеолит MgA со средним размером частиц 50 мкм. Транспортирующей средой служил воздух, предварительно осушенный. Нагрев поверхности десорбера осуществлялся постоянным током, температура стенки которого в опытах поддерживалась постоянной.

В качестве критериев термодесорбционного процесса использовались полнота десорбции a (отношение количества десорбированного газа к поглощенному цеолитом) и удельные энергозатраты на десорбцию q (количество тепла, затраченное на нагрев цеолита и десорбцию 1 кг углекислого газа).

Математическая формулировка задачи следующая:

$$a = f(T, \mu, a_c, Re) = \max; \quad (1)$$

$$q = f(T, \mu, a_c, Re) = \min. \quad (2)$$

Задача решалась в два этапа. На первом этапе отыскивался район оптимума методом "крутого восхождения" [1] после реализации полного факторного эксперимента; затем в найденном центре эксперимента реализовывался центральный композиционный униформ-рототабельный план второго порядка. Полнота десорбции находилась из тех же опытов, что и удельные энергозатраты.

В результате были получены следующие уравнения регрессии, адекватно представляющие результаты эксперимента

$$a = 30,9 + 10,0x_1 + 1,7x_2 + 10,6x_3 + 3,1x_4 - 0,9x_1^2 - 0,4x_2^2 - 1,8x_3^2 - 0,2x_4^2; \quad (3)$$

$$q = 2394 - 784x_1 - 1139x_2 - 2122x_3 - 962x_4 + 181x_1x_2 + 255x_1x_3 + 120x_1x_4 + 535x_2x_3 + 254x_2x_4 + 573x_3x_4 + 276x_1^2 + 383x_2^2 + 757x_3^2 + 136x_4^2$$

Из анализа формул (3) и (4) следует, что задача оптимизации термодесорбционного процесса не имеет однозначного решения. Минимальному значению удельных энергозатрат на

десорбцию соответствует полнота десорбции только 50%. Поэтому задача оптимизации термодесорбционного процесса должна решаться как компромиссная. Нами она была решена графическим методом [1].

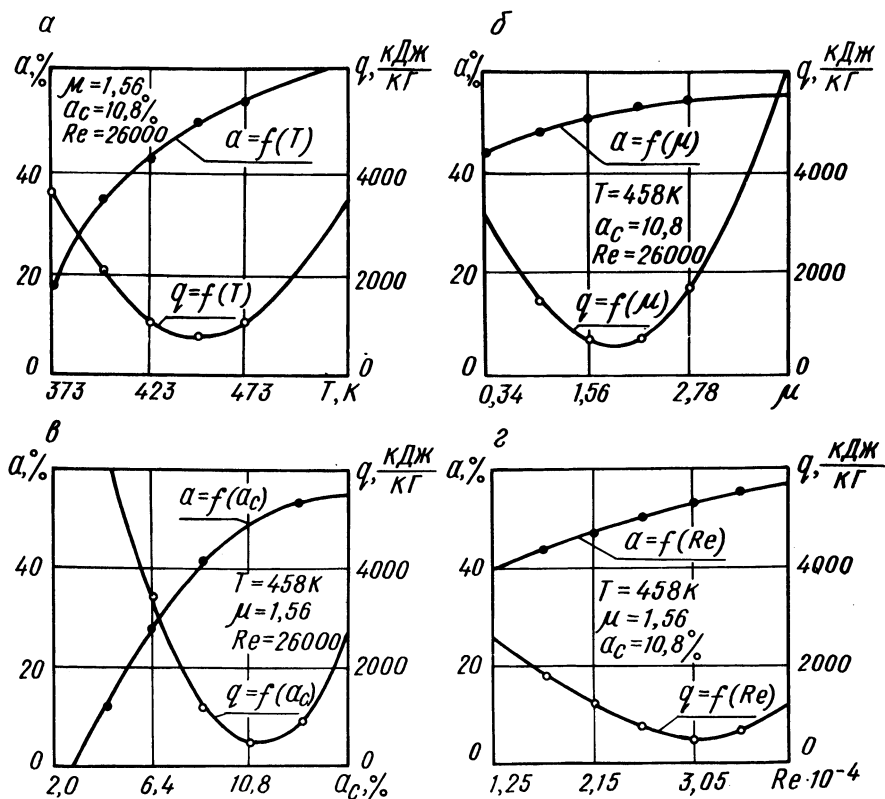


Рис. 1. Зависимость полноты десорбции и удельных энергозатрат на десорбцию CO_2 для цеолита MgA от температуры поверхности десорбера (а); концентрации цеолита в потоке (б); сорбционной емкости цеолита (в) и числа Re потока (г).

На рис. 1, а-г показаны зависимости полноты десорбции и удельных энергозатрат от различных факторов. С учетом ограничений на факторы - $2 \leq x_1 \leq 2$ (температура поверхности десорбера в опытах менялась от 100 до 200⁰С); $-2 \leq x_2 \leq 2$ (расходная концентрация цеолита в потоке изменялась от 0,34 до 2,78 кг час/кг час); $-2 \leq x_3 \leq 2$ (сорбционная емкость цеолита менялась в пределах 4,2...13%); $-2 \leq x_4 \leq 2$ (число Рейнольдса изменялось от 17000 до 35000, что соответствовало изменению скорости потока от 8 до 16 м/с) и

с учетом технологических требований установили, что необходимые значения критериев оптимизации достигаются в точках со следующими координатами:

$$x_1 = 2 (T=473K); x_2 = 1 (\mu = 2,17);$$

$$x_3 = 1,6 (a_c = 12\%); x_4 = 2 (Re = 35,0 \cdot 10^4).$$

При выбранных условиях процесс термической десорбции в потоке синтетического цеолита характеризуется следующими показателями: удельные энергозатраты на десорбцию CO_2 $q = 3500$ кДж/кг при полноте десорбции $a = 67\%$.

Л и т е р а т у р а

1. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента, М., 1974.

УДК 621.78.001.24

В.Ф.Кравец, канд.техн.наук,
А.П.Несенчук, канд.техн.наук,
Ю.А.Малевиц, канд.техн.наук.

НАГРЕВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ САДКИ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ В ПЕЧАХ ОТДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИН (ГКМ)

Наибольший интерес представляет задача о нагреве цилиндрической садки в зоне выдержки печи для всего типоряда нагреваемых заготовок и различных значений температуры газов в зоне. Задача решается при граничных условиях I рода с помощью ЭВМ.

В основу решения положены имеющиеся формулы, полученные на основе решения дифференциального уравнения теплопроводности при граничных условиях I рода (тело произвольной формы) [1]

$$\frac{T_c - T(r, z, \tau)}{T_c - T_0} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_n A_m J_0 \left(\mu_n \frac{r}{R} \right) \times$$

$$\times \cos \mu_n \frac{z}{l} e^{-(\mu_n^2 + \mu_m^2 k_1) Fo},$$