

Кондратьева Лариса Михайловна,

к.х.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: kondrateva_lm@mail.ru

Свердлова Ольга Леонидовна,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: olgasv273@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЖИГАНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В АППАРАТЕ

Kondratyeva L.M., Sverdlova O.L.

MATHEMATICAL MODEL OF LIQUID FUEL COMBUSTION IN THE APPARATUS

Аннотация. В работе представлена математическая модель горения органического жидкого топлива в технологической печи. Рассмотрены основные факторы, влияющие на характер протекания процесса. Получена формула для расчета концентрации кислорода в дымовых газах. Составлен материальный баланс кислорода, который включает в себя два уравнения – для диффузионной и плотной части.

Ключевые слова: органическое жидкое топливо, скорость реакции, концентрация кислорода, реакционная зона, плотная часть, диффузионная часть, безразмерный параметр.

Abstract. The article deals with the mathematical combustion model of organic liquid fuel in the technological furnace. The main factors influencing on the process are considered. The formula for the calculation of the oxygen concentration at the reactionary surface is obtained. The material balance of oxygen including equations for the diffusive and dense parts is compiled. The calculation results are shown in the diagrams.

Keywords: organic liquid fuel, response rate, oxygen concentration, reactionary surface, dense part, diffusive part, non-dimensional parameter.

Практика моделирования технологических объектов показывает, что попытка точного описания гидродинамики значительно усложняет модель, не давая существенных результатов по сравнению с практическими исследованиями [1]. Используя ряд обоснованных упрощающих предположений, исходную модель можно свести к более простым зависимостям между существенными для проведения процесса параметрами.

Построенная математическая модель горения жидкого органического топлива в технологической печи включает в себя стационарную модель процесса горения и модель сжигания топлива в аппарате. Математическое описание включает в себя дифференциальные уравнения, описывающие материальный баланс в плотной и диффузионной части реакционной зоны [2]. В данной работе приведено описание модели горения жидкого топлива в аппарате.

Под эффективностью сгорания топлива обычно понимают отношение количества выделившегося в слое тепла к количеству тепла, образующегося при полном выгорании топлива:

$$\eta = \frac{(-\Delta H)P_c G_s / M_c - (-\Delta H)P_c G_s^1 / M_c}{(-\Delta H)P_c G_s / M_c} = \frac{G_s - G_s^1}{G_s}, \quad (1)$$

где G_s^1 – потери топлива, связанные с перетоком и выгрузкой, определяются

соотношением

$$G_s^1 = G_s - \frac{M_c}{P_c} S\alpha W. \quad (2)$$

Реакционная зона состоит из двух фаз: плотной (p) и диффузионной (d). Между фазами происходит обмен газом, интенсивность которого определяется коэффициентом β . Полагаем, что скорость газа в диффузионной зоне определяется скоростью подачи газа:

$$U^d = |U^f - U^p|, \quad (3)$$

где $U^f = \frac{G_g}{\rho_g S_R}$; G_g – массовая скорость подачи воздуха; ρ_g – плотность воздуха;

U^p – скорость начала реакции.

Материальный баланс кислорода включает два уравнения:

$$- \text{ для диффузионной части } U^d \frac{dC^d}{dl} = -\beta f (C^d - C^p), \quad C^p(0) = l \quad (4)$$

$$- \text{ для плотной части } S_R U^p (C^f - C^p) + S_R \beta f \int_0^l (C^f - C^p) dl - S\alpha W = 0, \quad (5)$$

где C^f – исходная концентрация кислорода; f – доля объема, занимаемая диффузионной фазой.

Интегрируя (4) получаем

$$C^p = C^p + (C^f - C^p) \exp(-\beta l / L_f), \quad (6)$$

где $\beta = \beta_g f_g L_f / V^d$ – безразмерный параметр, характеризующий интенсивность массообмена между фазами.

Из (5), используя (6) найдем концентрацию плотной части:

$$C^p = C^f \left(1 + \frac{S\alpha K}{S_R (U^p + U^d (1 - \exp(-\beta)))} \right)^{-1} \quad (7)$$

Окончательная формула для расчета концентрации кислорода в дымовых газах выглядит следующим образом:

$$C = \frac{U^p}{U^f} C^d + \frac{U^p}{U^f} C^p. \quad (8)$$

Сравнение расчетных данных с имеющимися проводилось при фиксированном значении температуры. Температура топлива может варьироваться из соображений снижения оксидов и спекания золы, коррозионной и температурной стойкости конструкционных материалов аппарата и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демиденко И.Д. Моделирование статистических и динамических режимов в трубчатых печах // Вестник Томского гос. ун-та. 2012. №3(20).С.13-21.
2. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков М.А. Теплогенерирующие установки. – М.: Стройиздат, 1986. – 559 с.