Доклады Академии Наук СССР
1950. Том LXXII, № 3

ТЕПЛОТЕХНИКА

П. К. КОНАКОВ

ОТДАЧА ТЕПЛА В КОТЕЛЬНЫХ ТОПКАХ

(Представлено академиком М. В. Кирпичевым 20 III 1950)

Термокинетический процесс котельной топки определяется полями вектора скорости движения топочной среды, концентрацией ее компонент и температурным полем топочного пространства.

Эти поля описываются уравнениями химической кинетики, движения топочной среды и энергии, к которым присоединяются условия однозначности. Из указанных уравнений с помощью теории подобия можно получить для группы подобных котельных топок общие инвариантные зависимости.

Движение топочной среды можно рассматривать приближенно как изобарическое.

Если пренебречь силами вязкости топочных газов и диффузией их компонент, то кинематические, концентрационные и температурный симплексы будут определяться только геометрическими симплексами и не будут зависеть от форсировки топки, т. е. поля величин, определяющих топочный процесс, будут автомодельными.

На основании автомодельности температурного поля можно написать равенство:

$$\overline{T} = aT_2, \tag{1}$$

где $\overline{T}$ — средняя температура топочного пространства в °K; T_2 — температура газов в выходном сечении топки в °K; a — числовая постоянная.

Напишем приближенное уравнение теплового баланса котельной топки:

$$BV_г\bar{c}_p(T_1 - T_2) = \varepsilon_{np}C_s\left[\left(\frac{\overline{T}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{cm}}{100}\right)^4\right]\psi H_{cm}, \tag{2}$$

где B — действительный расход топлива в кг/ч; $V_г$ — объем газов в нм³, получающийся от сжигания 1 кг топлива; $\bar{c}_p$ — средняя удельная теплоплоемкость топочных газов в ккал/нм³ °C; T_1 — теоретическая температура горения топлива в °K; ε_{np} — приведенная степень черноты топки; C_s — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела, равный 4,96 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\text{ч}\,^\circ\text{K}^4}$; T_{cm} — температура лучевоспринимающей поверхности в °K; ψ — коэффициент экранирования топки; H_{cm} — лучевоспринимающая поверхность топки в м².

Равенство (1) позволяет переписать уравнение (2) в следующей безразмерной форме:

$$1-\frac{T_2}{T_1}=a^4\varepsilon_{np}\Pi_m\left[\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4-\left(\frac{T_{cm}}{aT_1}\right)^4\right],$$

где $\Pi_m=\psi\frac{C_s\left(\frac{T_1}{100}\right)^3 H_{cm}}{100\,BV_z c_p}$ — топочный инвариант подобия.

Пренебрегая членом $(T_{cm}/aT_1)^4$, получим:

$$a^4\varepsilon_{np}\Pi_m\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4+\frac{T_2}{T_1}-1=0. \qquad (3)$$

Величина $a^4\varepsilon_{np}$ определялась на основании имеющихся опытных данных. Было обработано около 400 опытов [1]. Обработка их показала, что числовое значение $a^4\varepsilon_{np}$ в первом приближении постоянно, равно 0,85. Таким образом, получается основное расчетное уравнение:

$$0{,}85\,\Pi_m\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4+\frac{T_2}{T_1}-1=0. \qquad (4)$$

Предельная абсолютная погрешность температуры T_2, определенной из этого уравнения, не превосходит 7% в области изменения Π_m $0<\Pi_m\leqslant 20$.

Из уравнения (4) можно получить удобную расчетную формулу. Раскладывая функцию $(T_2/T_1)^4$ по формуле Тейлора и пренебрегая членами разложения с показателями степени более единицы, после несложных преобразований получим формулу:

$$\frac{T_2}{T_1}=\frac{1+\Pi_m}{1+1{,}7\Pi_m}. \qquad (5)$$

Справедливость этой формулы ограничивается областью изменения Π_m $0<\Pi_m\leqslant 5$.

Предельную относительную погрешность T_2 можно оценить в 10%. Для наиболее важной в практическом отношении области изменения Π_m, характеризующейся малыми числовыми значениями этого инварианта, эта погрешность будет значительно меньше.

Поступило
13 III 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. Н. Тимофеев и М. Д. Панасенко, Изв. ВТИ, №№ 5 и 6 (1941).