

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ СЖИГАНИИ

Докт. техн. наук, проф. ЖИХАР Г. И.

Белорусский национальный технический университет

Инж. ЖИХАР И. Г.

ОАО «Мотовело»

Для изучения влияния различных факторов на двухступенчатое сжигание жидкого топлива была разработана математическая модель горения углеводородного топлива в кинетическо-диффузионной области. В математической модели учитываются основные факторы, влияющие на процесс горения топлива как в кинетической, так и диффузионной областях.

Кинетическая модель процесса горения углеводородного топлива представляет совокупность высокотемпературного окисления метана, этилена и водорода, реакций диссоциации продуктов сгорания, а также механизмов образования оксидов серы и азота (табл. 1).

Химические реакции, представленные в табл. 1, предварительно отобраны по величине интеграла

$$I = \int w d\tau, \quad (1)$$

где w – скорость; τ – время реакции. Интеграл указывает на роль отдельного элементарного акта на разных стадиях реакции, а также в общем механизме процесса.

Изменения концентраций реагентов во времени описываются в общем случае кинетическим дифференциальным уравнением

$$\frac{dC_i}{d\tau} = \sum_{j,k,l \neq i} K_{jkl} C_j C_k C_l - \sum_{i,m,n} K_{imn} C_i C_m C_n, \quad (2)$$

где K_{jkl} , K_{imn} – кинетические константы скоростей реакций; $C_{j,k,l,i,m,n}$ – концентрации реагентов.

Для примера приведем кинетическое дифференциальное уравнение изменения концентрации водорода, составленное применительно к табл. 1:

$$\begin{aligned} \frac{d[H_2]}{d\tau} = & K_5 [CH_4][H] - K_6 [CH_3][H_2] + K_{14} [H_2CO][H] - K_{15} [HCO][H_2] - \\ & - K_{23} [H_2][OH] + K_{24} [H_2O][H] - K_{25} [O][H_2] + K_{26} [OH][H] - K_{31} [H_2][M] + \\ & + K_{32} [H][H][M] - K_{37} [H_2][O_2] + K_{43} [C_2H_2][H] + K_{44} [C_2H_4][M] - \\ & - K_{69} [NO_2][H_2] + K_{80} [NH][OH] + K_{87} [NH_3][H] + K_{88} [NH_2][H] + \\ & + K_{89} [NH][H] + K_{90} [HCN][H] + K_{94} [HCN][OH]. \end{aligned} \quad (3)$$

**Кинетическая модель процесса горения
жидкого топлива**

№	Реакции	№	Реакции
1	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3 + \text{HO}_2$	51	$\text{SO}_2 + \text{O} + \text{M} \rightarrow \text{SO}_3 + \text{M}$
2	$\text{CH}_3 + \text{HO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{O}_2$	52	$\text{SO}_3 + \text{M} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O} + \text{M}$
3	$\text{CH}_4 + \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	53	$\text{SO}_3 + \text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O}_2$
4	$\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{OH}$	54	$\text{SO}_3 + \text{N} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{NO}$
5	$\text{CH}_4 + \text{H} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2$	55	$\text{SO}_3 + \text{H} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{OH}$
6	$\text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}$	56	$\text{N}_2 + \text{M} \rightarrow \text{N} + \text{N} + \text{M}$
7	$\text{CH}_4 + \text{O} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{OH}$	57	$\text{N} + \text{N} + \text{M} \rightarrow \text{N}_2 + \text{M}$
8	$\text{CH}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{O}$	58	$\text{N}_2 + \text{O} \rightarrow \text{N} + \text{NO}$
9	$\text{CH}_3 + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO} + \text{H}$	59	$\text{N} + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}$
10	$\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{CO} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}$	60	$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}$
11	$\text{CH}_4 + \text{HCO} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{CO}$	61	$\text{NO} + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$
12	$\text{H}_2\text{CO} + \text{HCO} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{CO}_2$	62	$\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{N} + \text{O}_2$
13	$\text{H}_2\text{CO} + \text{OH} \rightarrow \text{HCO} + \text{H}_2\text{O}$	63	$\text{N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$
14	$\text{H}_2\text{CO} + \text{H} \rightarrow \text{HCO} + \text{H}_2$	64	$\text{N} + \text{O} + \text{M} \rightarrow \text{NO} + \text{M}$
15	$\text{HCO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO} + \text{H}$	65	$\text{N} + \text{OH} \rightarrow \text{NO} + \text{H}$
16	$\text{H}_2\text{CO} + \text{O} \rightarrow \text{HCO} + \text{OH}$	66	$\text{NO} + \text{H} \rightarrow \text{N} + \text{OH}$
17	$\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{O}$	67	$\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2$
18	$\text{CO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CO} + \text{O} + \text{M}$	68	$\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$
19	$\text{HCO} + \text{M} \rightarrow \text{CO} + \text{H} + \text{M}$	69	$\text{NO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{HO}_2$
20	$\text{CO} + \text{H} + \text{M} \rightarrow \text{HCO} + \text{M}$	70	$\text{NO}_2 + \text{H} \rightarrow \text{NO} + \text{OH}$
21	$\text{HCO} + \text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}$	71	$\text{SO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{NO}$
22	$\text{CO} + \text{OH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}$	72	$\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{NO}$
23	$\text{H}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}$	73	$\text{CO} + \text{NO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{N}$
24	$\text{H}_2\text{O} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2 + \text{OH}$	74	$\text{NH}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
25	$\text{H}_2 + \text{O} \rightarrow \text{OH} + \text{H}$	75	$\text{NH}_3 + \text{O} \rightarrow \text{NH}_2 + \text{OH}$
26	$\text{OH} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}$	76	$\text{NH}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{NH} + \text{H}_2\text{O}$
27	$\text{H} + \text{O}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{O}$	77	$\text{NH}_2 + \text{O} \rightarrow \text{NH} + \text{H}_2\text{O}$
28	$\text{OH} + \text{O} \rightarrow \text{H} + \text{O}_2$	78	$\text{NH} + \text{OH} \rightarrow \text{N}^\dagger + \text{H}_2\text{O}$
29	$\text{OH} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$	79	$\text{NH} + \text{O} \rightarrow \text{N}^\dagger + \text{OH}$
30	$\text{H}_2\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{OH} + \text{OH}$	80	$\text{NH} + \text{OH} \rightarrow \text{NO}^\dagger + \text{H}_2$
31	$\text{H}_2 + \text{M} \rightarrow \text{H} + \text{H} + \text{M}$	81	$\text{NH} + \text{O} \rightarrow \text{NO}^\dagger + \text{H}$
32	$\text{H} + \text{H} + \text{M} \rightarrow \text{H}_2 + \text{M}$	82	$\text{NH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}^\dagger + \text{OH}$
33	$\text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O} + \text{O} + \text{M}$	83	$\text{N}^\dagger + \text{OH} \rightarrow \text{NO}^\dagger + \text{H}$
34	$\text{O} + \text{O} + \text{M} \rightarrow \text{O}_2 + \text{M}$	84	$\text{N}^\dagger + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}^\dagger + \text{O}$
35	$\text{H}_2\text{O} + \text{M} \rightarrow \text{OH} + \text{H} + \text{M}$	85	$\text{NH} + \text{NO}^\dagger \rightarrow \text{N}_2^\dagger + \text{OH}$
36	$\text{OH} + \text{H} + \text{M} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{M}$	86	$\text{N}^\dagger + \text{NO}^\dagger \rightarrow \text{N}_2^\dagger + \text{O}$
37	$\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{OH}$	87	$\text{NH}_3 + \text{H} \rightarrow \text{NH}_2 + \text{H}_2$
38	$\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO} + \text{OH}$	88	$\text{NH}_2 + \text{H} \rightarrow \text{NH} + \text{H}_2$
39	$\text{HCO} + \text{OH} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	89	$\text{NH} + \text{H} \rightarrow \text{N}^\dagger + \text{H}_2$
40	$\text{H} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$	90	$\text{HCN} + \text{H} \rightarrow \text{CN} + \text{H}_2$
41	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{HCO}$	91	$\text{HCN} + \text{O} \rightarrow \text{CN} + \text{OH}$
42	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{CO}$	92	$\text{CN} + \text{OH} \rightarrow \text{NCO} + \text{H}$
43	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3 + \text{H}_2$	93	$\text{CN} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NCO} + \text{O}$
44	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2 + \text{M}$	94	$\text{HCN} + \text{OH} \rightarrow \text{NCO} + \text{H}_2$
45	$\text{C}_2\text{H}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{HO}_2$	95	$\text{HCN} + \text{O} \rightarrow \text{NCO} + \text{H}$
46	$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{CO}$	96	$\text{NCO} + \text{H} \rightarrow \text{NH} + \text{CO}$
47	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3 + \text{HO}_2$	97	$\text{HCN} + \text{OH} \rightarrow \text{NH}_2 + \text{CO}$
48	$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO} + \text{O}$	98	$\text{NO}^\dagger + \text{NO}^\dagger + \text{SO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}^\dagger + \text{SO}_3$
49	$\text{SO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O}$	99	$\text{N}_2\text{O}^\dagger + \text{M} \rightarrow \text{N}_2^\dagger + \text{O} + \text{M}$
50	$\text{SO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{SO} + \text{O} + \text{M}$		

Аналогичные кинетические дифференциальные уравнения составляются для каждого химического элемента, участвующего в реакциях, представленных в табл. 1 (всего 34 дифференциальных уравнения).

Константа химической реакции изменяется в зависимости от температуры по известному закону

$$K = K_0 T^n e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (4)$$

где K_0 – предэкспоненциальный множитель; T – абсолютная температура; E – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная; n – показатель степени.

В математическую модель горения жидкого топлива в кинетическо-диффузионной области, кроме указанных 34 кинетических дифференциальных уравнений, входят следующие:

уравнение движения газовой среды для закрученной струи [1]:

$$W_z = \frac{2\alpha^2}{\left(1 + \frac{1}{4}\alpha^2\eta^2\right)^2} \frac{1}{\bar{X}} - \frac{1}{2}\beta\alpha^2 \frac{\left(1 - \frac{3}{4}\alpha^2\eta^2\right)}{\left(1 + \frac{1}{4}\alpha^2\eta^2\right)^3} \frac{1}{\bar{X}^2};$$

$$W_r = \sqrt{\varepsilon} \left[\frac{\alpha^2\eta\left(1 - \frac{1}{4}\alpha^2\eta^2\right)}{\left(1 + \frac{1}{4}\alpha^2\eta^2\right)^2} \frac{1}{\bar{X}} - \frac{1}{2}\beta\alpha^2 \frac{\eta\left(1 - \frac{3}{4}\alpha^2\eta^2\right)}{\left(1 + \frac{1}{4}\alpha^2\eta^2\right)^2} \frac{1}{\bar{X}^2} \right]; \quad (5)$$

$$W_\varphi = \gamma \frac{\alpha\eta}{\left(1 + \frac{1}{4}\alpha^2\eta^2\right)^2} \frac{1}{\bar{X}^2},$$

где $\bar{X} = \frac{x}{d}$;

уравнение движения горячей капли [2]:

$$\frac{dV_r}{dt} = \frac{V_\varphi^2}{r} + \frac{3\gamma}{4\gamma_k\delta} \xi(W_r - V_r) \sqrt{(W_\varphi - V_\varphi)^2 + (W_z - V_z)^2 + (W_r - V_r)^2};$$

$$\frac{dV_\varphi}{dt} = -\frac{V_\varphi V_r}{r} + \frac{3\gamma}{4\gamma_k\delta} \xi(W_\varphi - V_\varphi) \sqrt{(W_\varphi - V_\varphi)^2 + (W_z - V_z)^2 + (W_r - V_r)^2}; \quad (6)$$

$$\frac{dV_z}{dt} = \frac{3\gamma}{4\gamma_k\delta} \xi(W_z - V_z) \sqrt{(W_\varphi - V_\varphi)^2 + (W_z - V_z)^2 + (W_r - V_r)^2};$$

уравнение выгорания капли [3]

$$-\frac{d\delta_0^2}{d\tau} = \frac{8\lambda}{3600(1,75 - 0,65\delta_0^2)N_k c_n \left(1 - \frac{r_k}{r_r}\right)} \ln \left[1 + \frac{C_n(T_r - T_k)}{q_{исп}} \right]; \quad (7)$$

уравнение выгорания полидисперсной системы факела [4]

$$G = mn \int \frac{e^{-my^n}}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}} y^{4-n} [y^2 - (1-x^2)]^{3/2} dy. \quad (8)$$

Доля испарившегося топлива равна $R = 1 - G$;
уравнение смешения топлива с воздухом [5]

$$f = \frac{G_m R_k^2 k}{G_b R_0^2} \left[I_0 \left(2k \frac{r}{R_0} \right) \right] e^{-k \left(1 + \frac{r^2}{R_0^2} \right)}; \quad (9)$$

уравнение теплового баланса реагирующей среды [6, 7]

$$c_v \rho \frac{dT}{d\tau} = \sum q_i W_i - \alpha \frac{S}{V} (T - T_0). \quad (10)$$

Расчеты выполнены на ЭВМ применительно к горению жидкого топлива в кинетическо-диффузионной области. Отдельные результаты расчетов приведены ниже.

На рис. 1 представлена зависимость характеристики горения капли жидкого топлива от максимального начального ее размера при двухступенчатом сжигании ($\alpha_1 = 0,8$; $\alpha_0 = 1,05$). Из рисунка видно, что с увеличением начального диаметра каплей в полидисперсном факеле характеристика горения k_r^{cp} при двухступенчатом сжигании мазута возрастает. Например, с увеличением диаметра каплей в полидисперсном факеле δ_0^{\max} с 200 до 700 мкм характеристика горения мазута возрастает с $6,5 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Это объясняется повышением относительной скорости каплей.

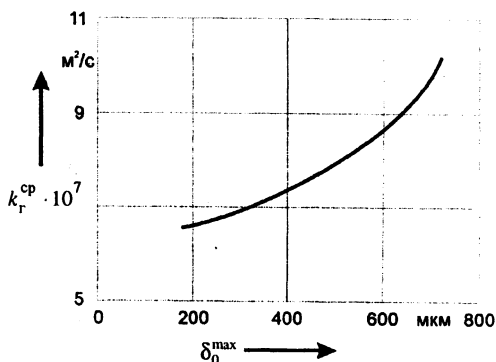


Рис. 1

Характеристика горения k_r^{cp} зависит также от того, учитывается горение коксового остатка капли (горение тяжелых жидких топлив) или нет (горение легких жидких топлив). С уменьшением диаметра капли характеристика горения k_r^{cp} снижается в обоих случаях.

Однако при горении легких жидких топлив k_r^{cp} больше, чем при горении тяжелых. Например, при $\delta = 100$ мкм k_r^{cp} с учетом горения кокса равна $0,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с, а для случая без учета горения коксового остатка капли $k_r^{cp} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Это хорошо согласуется с экспериментальными данными [8].

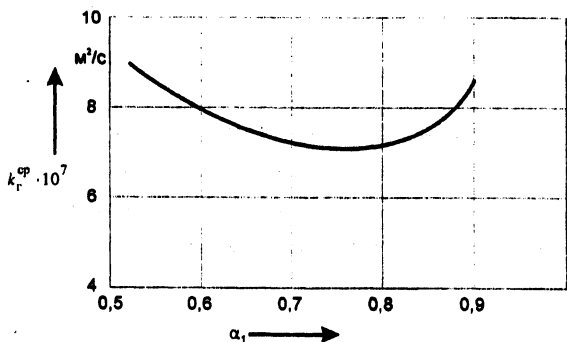


Рис. 2

Характеристика горения мазута зависит также от доли первичного воздуха при двухступенчатом сжигании ($\alpha_1 = 0,8$; $\alpha_0 = 1,05$ – с учетом горения кокса) (рис. 2). При этом минимальное значение k_r^{cp} имеет место при доле первичного воздуха, равной 0,75...0,82.

С изменением угла установки лопаток горелки при двухступенчатом сжигании жидкого топлива характери-

стика горения k_r^{cp} также меняется. Например, с увеличением угла установки лопаток горелки с 30° до 60° k_r^{cp} мазута возрастает с $k_r^{cp} = 0,7 \cdot 10^{-6}$ до $k_r^{cp} = 1,3 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Это объясняется интенсивным смесеобразованием, так как при угле установки лопаток $\beta = 60^\circ$ имеет место более высокая тангенциальная скорость газовой среды, что обеспечивает интенсивное перемешивание топлива с воздухом и быстрое его выгорание в полидисперсном факеле.

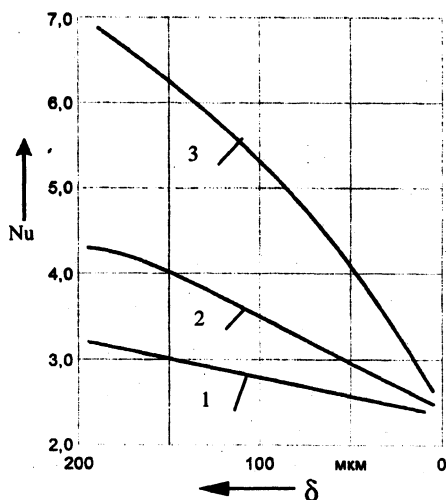


Рис. 3

На рис. 3 представлена зависимость критерия Nu от диаметра капли в процессе ее выгорания при двухступенчатом сжигании и при различном угле установки лопаток горелки. Из рис. 3 видно, что в процессе выгорания капли во всех случаях критерий Nu уменьшается, т. е. ухудшается теплообмен между каплей и газами. Например, при угле установки лопаток горелки $\beta = 45^\circ$ (кривая 1) с уменьшением диаметра капли с 200 до 100 мкм критерий Nu снижается с 4,3 до 3,5. Величина критерия Nu растет с увеличением угла установки лопаток горелки. Например, при угле установки лопаток

$\beta = 30^\circ$ и $\delta = 200$ мкм (кривая 1) критерий Nu равен 3,2, а при установке лопаток с $\beta = 45^\circ$ и $\beta = 60^\circ$ (кривые 2, 3) – соответственно 4,3 и 7,0. Следовательно, с увеличением угла установки лопаток горелки теплообмен между каплей и газами возрастает.

Расчеты показывают, что с увеличением начального диаметра капель с 200 до 700 мкм среднее значение критерия Nu возрастает с 2,7 до 4,1. Это объясняется тем, что с увеличением максимального начального диаметра капель в полидисперсном факеле растет и их относительная скорость движения, что приводит к более интенсивному теплообмену между каплями и газовой средой.

Степень выгорания капли при двухступенчатом сжигании мазута зависит от того, учитывается горение коксового остатка или нет (рис. 4). Например, при $\tau = 3 \cdot 10^{-2}$ с для $\delta = 200$ мкм степень выгорания капли без учета горения коксового остатка (легкие жидкие топлива) (кривая 1) составляет 100 %, а с учетом горения кокса (тяжелые жидкие топлива) (кривая 2) – 50 %. Из рис. 4 видно, что имеется индукционный период, когда степень выгорания капли изменяется очень слабо (примерно до $\tau = 8 \cdot 10^{-4}$ с). После этого времени степень выгорания капли топлива начинает резко увеличиваться.

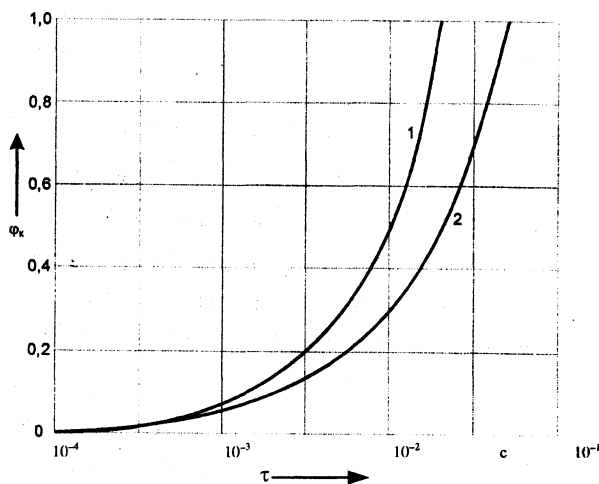


Рис. 4

Доля выгорания жидкого топлива в полидисперсном факеле в зависимости от времени при двухступенчатом сжигании представлена на рис. 5, из которого видно, что она зависит от того, учитывается ли горение коксового остатка капли. От этого зависит и время полного выгорания топлива в полифракционном факеле. Например, для полидисперсного факела с максимальным размером капель $\delta_0^{\max} = 200$ мкм в случае выгорания факела без учета горения кокса полное время горения факела составляет $3 \cdot 10^{-2}$ с (кривая 1), а с учетом горения частицы кокса – $7 \cdot 10^{-2}$ с (кривая 2).

Расчеты показывают: чем меньше начальный диаметр капель, тем больше доля выгорания топлива в полидисперсном факеле за один и тот же период времени. Например, при $\tau = 3 \cdot 10^{-2}$ с и начальном размере капель $\delta_0^{\max} = 200$ мкм доля выгорания топлива в полидисперсном факеле с учетом горения кокса равна 50 %, а для факела с $\delta_0^{\max} = 500$ и $\delta_0^{\max} = 700$ мкм соответственно – 30 и 22 %. Время полного выгорания капель полидис-

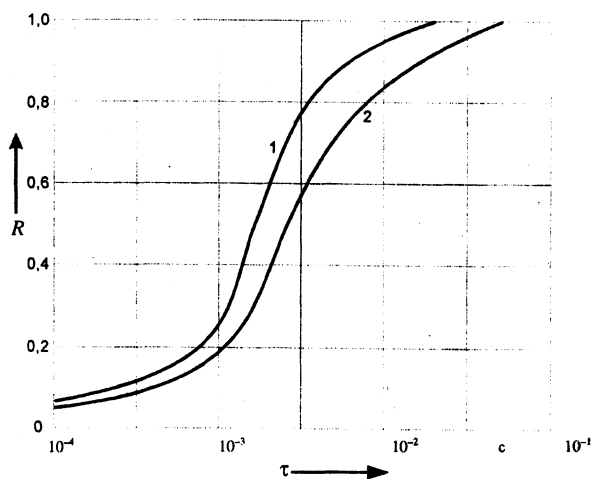


Рис. 5

дисперсного факела при начальном диаметре каплей $\delta_0^{\max} = 700$ мкм составляет $5 \cdot 10^{-1}$ с вместо $7 \cdot 10^{-2}$ с для факела с $\delta_0^{\max} = 200$ мкм. Следовательно, расчеты подтверждают известное положение, что для интенсификации горения тяжелого жидкого топлива целесообразно иметь более тонкий распыл [8].

ВЫВОДЫ

1. Выполненные исследования показывают, что с увеличением начального диаметра каплей в полидисперсном факеле возрастает характеристика горения при двухступенчатом сжигании мазута.

2. Минимальное значение характеристика горения имеет при доле первичного воздуха, равной 0,75...0,82.

3. Выявлено, что характеристика горения с увеличением угла установки лопаток горелки с 30° до 60° возрастает.

4. Установлено, что в процессе выгорания капли критерий Nu уменьшается, т. е. ухудшается теплообмен между каплей и газами.

5. Доля выгорания топлива в полидисперсном факеле зависит от того, учитывается или нет горение коксового остатка капли. Эта доля при одних и тех же условиях значительно больше для легких жидких топлив, чем для тяжелых.

6. Выявлено, что чем меньше начальный диаметр каплей в полидисперсном факеле, тем больше доля выгорания топлива за одинаковое время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. – М.: Энергия, 1973. – 980 с.
2. Сидельковский Л. Н., Юренев В. Н. Парогенераторы промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1978. – С. 119.
3. Жихар Г. И. Расчетное исследование горения жидкого топлива в циклонной камере // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). – 1983. – № 6. – С. 68–73.

4. Основы практической теории горения / Под ред. В. В. Померанцева. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 310 с.
5. Процессы горения / Под ред. Б. Льюиса и др. – М.: ГИМФЛ, 1961. – 542 с.
6. Виленский Г. В., Хзмалян Д. М. Динамика горения пылевидного топлива. – М.: Энергия, 1978. – 246 с.
7. Жихар Г. И., Богданович И. Г. Кинетическая модель процесса горения углеводородного топлива и образования оксидов азота и серы // Промышленная теплотехника. – 1987. – Т. 9, № 9. – С. 83–87.
8. Кулагин Л. В., Охотников С. С. Сжигание тяжелых жидких топлив. – М.: Недра, 1967. – 280 с.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 30.01.2002

УДК 621.165

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЭС

Докт. техн. наук, проф. КАЧАН А. Д., канд. техн. наук КАЧАН С. А.

Белорусский национальный технический университет

**Канд. техн. наук РЫКОВ А. Н.,
инженеры БРАЗОВСКИЙ В. П., ЛЕВШИН Н. В.**

РУП «БелНИПИэнергопром»

Применение парогазовых технологий – важнейшее направление повышения системной эффективности ТЭС Беларуси и экономии топливно-энергетических ресурсов.

В условиях дефицита материальных ресурсов в Беларуси основными критериями эффективности ПГУ являются индекс доходности, представляющий собой отношение дисконтированной за время службы объекта прибыли к необходимым капитальным вложениям [1], а также срок окупаемости последних.

При выборе вариантов применения ПГУ важно адекватно сопоставлять их экономическую эффективность. При этом необходимо иметь в виду, что для теплофикационных ПГУ, как и для паротурбинных ТЭЦ, КПД по выработке электроэнергии и коэффициент использования теплоты топлива не являются однозначными критериями их системной эффективности [2].

С учетом этого в качестве показателя экономичности различных вариантов ПГУ следует принимать относительную экономию топлива против схемы замещения (раздельной схемы энергоснабжения), которую в соответствии с [3] можно найти как