

# ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ВОЗДУШНЫХ ПОТОКАХ ПРИ ПОЖАРАХ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

В.А. Ирхин

Институт математики НАН Беларуси,  
Сурганова 11. 220072 Минск, Беларусь  
vovair@im.bas-net.by

Объектом исследования являются подземные сооружения метрополитена, представляющие собой сложную сеть, в которой нужно находить распределение потоков, температур, концентраций кислорода и вредных веществ, образующихся при сгорании горючих материалов.

Математическая модель строится в квазидвухмерном приближении, т.е. все интересующие нас функции (такие как температура, давление, массовый расход, скорость, концентрация кислорода) находятся вдоль гидравлических трактов в одномерном приближении, но также учитывается теплообмен со стенками. Был построен алгоритм нахождения уравнений состояния  $\rho = \rho(T, p, C)$  и  $c_p = c_p(T, p, C)$ , т.е. нахождение функций плотности и теплоемкости, зависящих от температуры, давления и коэффициента конверсии. Для каждого гидравлического тракта записываются следующие уравнения (законы сохранения).

Закон сохранения массы

$$\frac{\partial \rho(T, p, C)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho(T, p, C)v)}{\partial x} = \frac{1}{S} \eta(t, x), \quad (1)$$

где  $\eta(t, x)$  — удельное массовое газовыделение от сгорания горючих материалов.

Закон сохранения импульса

$$\frac{\partial(\rho(T, p, C)v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho(T, p, C)v^2)}{\partial x} = -\frac{\partial p}{\partial x} - \mu\rho(T, p, C)v|v| + \frac{dh(x)}{dx}g(\rho_0 - \rho(T, p, C)), \quad (2)$$

где  $h(x)$  — профиль глубины залегания тоннеля,  $\mu$  — коэффициент сопротивления тоннеля,  $\rho_0 = \rho(T_0, P_0, 0)$ ,  $T_0$ ,  $P_0$  — температура и давление атмосферы.

Закон сохранения энергии

$$\begin{aligned} & \frac{\partial\left(\rho(T, p, C)\left(\epsilon(T, p, C) + \frac{v^2}{2}\right)\right)}{\partial t} + \frac{\partial\left(\rho(T, p, C)v\left(\epsilon(T, p, C) + \frac{v^2}{2}\right)\right)}{\partial x} = \\ & = -\frac{\partial(pv)}{\partial x} - \alpha\frac{P}{S}(T - T_b|_{y=0}) - r\xi\sigma\frac{P}{S}\left(T^4 - (T_b|_{y=0})^4\right) + K\eta(t, x), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи от потока к стенкам,  $r$  — эффективный радиус тоннеля,  $P$  — периметр тоннеля,  $T_b$  — температура стенок тоннеля,  $K$  — фактор теплотворной способности сгорающих материалов,  $\sigma$  — постоянная Стефана — Больцмана,  $\xi$  — излучательный коэффициент газового потока (интегральная степень черноты).

Закон сохранения массы кислорода

$$\frac{\partial(\rho(T, p, C)c_{O_2}(C))}{\partial t} + \frac{\partial(\rho(T, p, C)vc_{O_2}(C))}{\partial x} = -\frac{c_{O_2}(0)}{S}(\zeta(t, x) + \eta(t, x)), \quad (4)$$

где  $\zeta$  — удельное потребление кислорода в зоне пожара.