

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

Какуш О.С. (ТП-12М)<sup>24</sup>

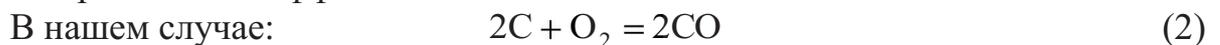
Донецкий национальный технический университет

В Украине в настоящее время уголь, несмотря на его высокую себестоимость, необходимо рассматривать как стратегический ресурс, использование которого значительно снижает энергетическую зависимость экономики страны от других государств. Для Украины использование угля является наиболее оптимальным путем для удовлетворения потребности в энергоносителях для промышленности с учетом запасов этого полезного ископаемого и значительных изменений в цене на природный газ на мировом рынке. Поэтому рассмотрим динамику газификации подземного газогенератора, как вид дополнительного источника энергии в Украине.

Постановка задачи. Будем считать, что угольный пласт находится в цельном состоянии и имеет начальную постоянную температуру  $T_0$ . При розжиге угольного пласта на его поверхности устанавливается некоторая температура  $T_p$ . В результате горения образуется выгоревший слой толщиной  $\xi=f(\tau)$ . Левая подвижная граница его всегда имеет температуру горения  $T_r$ . На этой границе происходит переход из одного агрегатного состояния в другое, при котором выделяется теплота  $Q_\Phi$  (Дж/кг). Таким образом, граница  $x=\xi$  имеет постоянную температуру горения, а граница  $x=L$  некоторую постоянную температуру. Предполагается, что перенос тепла в пласте происходит только вследствие теплопроводности, передача тепла через почву и кровлю пласта отсутствует, угольный массив полностью состоит из углерода, фронт горения является плоским и одномерным, предполагается, что реакция горения является необратимой и протекает в одну стадию:



где  $\Gamma$  – горючее;  $O$  – окислитель;  $\text{ПГ}$  – продукты горения;  $\alpha, \beta, \gamma$  – стехиометрические коэффициенты.



Считаем, что скорости расходования горючего и окислителя равны, поэтому мы имели право выразить  $\frac{dc}{d\tau}$  через концентрацию  $O_2$ .

$$\frac{dc}{d\tau} = -kO^{1/2} \cdot F_{y0} \cdot \frac{dO_2}{d\tau} = -kO^{1/2} \cdot F_{y0} \quad (3)$$

Для гетерогенной реакции горения углерода, через плотность газа определим долю генераторного газа (CO) в смеси:

$$\rho_z = \rho_{o_2} + \rho_{co}, \quad \frac{\rho_z}{\rho_z} = \frac{\rho_{o_2}}{\rho_z} + \frac{\rho_{co}}{\rho_z} \rightarrow 1 = c_{o_2} + c_{co}, \quad \text{тогда} \quad c_{co} = 1 - c_{o_2} \quad (4)$$

Для того, чтобы учесть изменение  $\rho_z$  от температуры воспользуемся

<sup>24</sup> Руководитель – к.т.н., профессор кафедры ПТ Илющенко В.И.

уравнением состояния идеального газа:

$$\rho_2 = P / RT_2 \quad (5)$$

Закон сохранения массы горючего:

$$(1 - \Theta) \frac{\partial \rho_c}{\partial \tau} + (1 - \Theta) \frac{\partial \rho_c \cdot U}{\partial x} = -G_c, \quad (6)$$

Где расход горючего в данной реакции:

$$G_c = \kappa_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT_2}\right) \cdot \rho_2^{1/2} \cdot c_{o_2}^{1/2} \cdot (1 - \eta) \cdot F \quad (7)$$

Удельная поверхность частиц углерода:

$$F = 6(1 - \Theta)/d \quad (8)$$

Доля топлива в исходной смеси:

$$a = \frac{\rho_c^0}{\rho_c^0 + \rho_{ин}^0} \quad (9)$$

Запишем уравнение диффузии для окислителя:

$$\Theta \frac{\partial \rho_2 \cdot c_{o_2}}{\partial \tau} + \frac{\partial \rho_2 \cdot W \cdot c_{o_2}}{\partial x} = D \cdot \Theta \frac{\partial^2 \rho_2 \cdot c_{o_2}}{\partial x^2} + G_{o_2} \quad (10)$$

Массоприход компонента газа:

$$G_{o_2} = \kappa_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT_2}\right) \cdot \rho_2^{1/2} \cdot c_{o_2}^{1/2} \cdot (1 - \eta) \cdot F \quad (11)$$

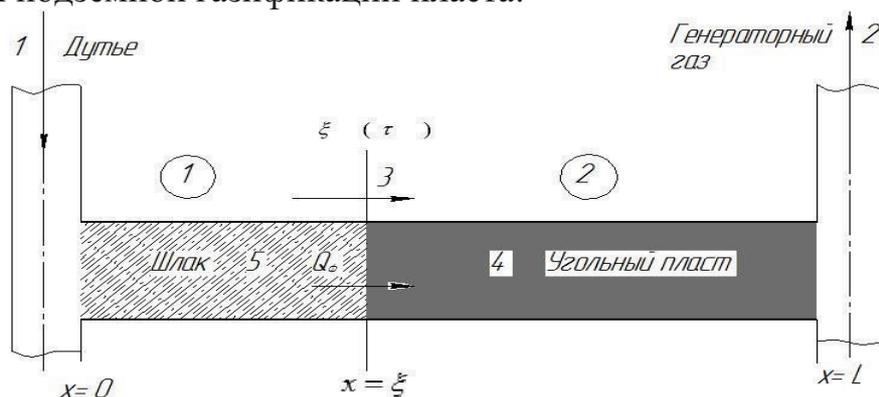
Закон сохранения энергии газовой смеси:

$$\rho_2 \cdot C_2 \cdot \Theta \frac{\partial T_2}{\partial \tau} + \Theta \cdot \rho_2 \cdot C_2 \cdot W \frac{\partial T_2}{\partial x} = \Theta \cdot \lambda_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} - \alpha_V \cdot F(T_2 - T_{nl}) + \Theta \cdot G_{o_2} \cdot Q \quad (12)$$

Закон сохранения энергии для углеродного массива:

$$(1 - \Theta)(\rho_c C_c + \rho_{ин} C_{ин}) \frac{\partial T_{nl}}{\partial \tau} + (1 - \Theta)(\rho_c C_c + \rho_{ин} C_{ин}) U \frac{\partial T_{nl}}{\partial x} = \lambda_{nl} \frac{\partial^2 T_{nl}}{\partial x^2} - \alpha F(T_{nl} - T_2) \quad (13)$$

Схемы подземной газификации пласта:



1 – окислитель; 2 – продукты горения; 3 – газовая смесь; 4 – горючее; 5 – минеральный остаток.

Рисунок – Область решения.

Полученные уравнения позволяют анализировать распределение температуры по угольному пласту, фронт продвижения границы, а также определять выход генераторного газа в зависимости от расхода дутья окислителя.