

Висновки

Вимоги до оцінки пропускної здатності на етапі проектування залежать від мети та призначення перспективних бездротових ІКМ командних пунктів.

Оцінка пропускної здатності перспективних бездротових ІКМ командних пунктів дозволяє визначити оптимальну кількість станцій в ІКМ для забезпечення необхідного часу на передачу даних між абонентами мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойченко О.С. Аналіз перешкодостійкості захищених протоколів обміну даними / О.С. Бойченко, В.В. Вороніков, В.В. Умінський // Системи обробки інформації : зб.наук.праць. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 2. – С. 16-18.
2. Бойченко О.С. Аналіз технічної ефективності перспективних бездротових інформаційно-комунікаційних мереж командних пунктів / О.С.Бойченко, В.В. Вороніков, П.В. Поздняков // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир: ЖВІ НАУ, 2010.– Вип. 3.– С. 30–34.
3. Вишневський В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
4. Пахомов С. Анатомия беспроводных сетей // КомпьютерПресс. 2002. №7. С.167-175
5. Марущенко М. П. Перспективи впровадження бездротової локально-обчислювальної мережі в структурі управління окремої механізованої бригади / М. П. Марущенко, В. Л. Живчук, Г. Я. Криховецький // Збірник наукових праць. – К.: ВІПІ НТУУ «КПІ». – 2008. – № 3. – С. 100–106.
6. Cali F., Conti M., Gregory E. IEEE 802.11 Wireless LAN: Capacity Analysis and Protocol Enhancement. Proc.of INFOCOM'98, San Francisco, March 29—April 2, 1998, pp. 142–149.
7. Cali F., Conti M., Gregory E. Dynamic tuning of the IEEE 802.11 protocol to achieve a theoretical throughput limit//IEEE/ACM transactions of networking, December 2000.№8.P.785-799.
8. Bianchi G/ Performance analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function//IEEE journal on selected areas in communications 18(3)(March(2000). P. 535-547.

пост. 17.03.11.

Тепломассообмен в псевдоожигенном слое камеры пиролиза

ПАВЛЕНКО А.М., ЗОЛОТОВСКАЯ Е.В.

Днепродзержинский государственный технический университет

В статье представлены результаты анализа тепломассообменных характеристик псевдоожигенного слоя в процессах окислительного пиролиза биомассы. Основные закономерности тепломассообмена отражены соответствующими математическими моделями и результатами решения соответствующих уравнений.

У статті представлені результати аналізу тепломасообмінних характеристик псевдозрідженого шару в процесах окислювального піролізу біомаси. Основні закономірності тепломасообміну відбиті відповідними математичними моделями і результатами вирішення відповідних рівнянь.

In the article the results of analysis of exchange by a heat and mass descriptions of the pseudofluidized layer are presented in the processes of oxidizing pyrolysis of biological mass. Basic conformities to the law of by a heat and mass are reflected the proper mathematical models and results of decision of the proper equalizations.

Введение. Пиролиз сырьевой массы осуществляется путем ее нагрева до температуры 300–400 °С. В процессе нагрева и взаимодействия материала с потоком воздуха происходят интенсивные процессы тепломассообмена в слое, среди которых выделим три основных вида переноса тепловой энергии и массы. В первом случае следует рассматривать перенос теплоты и вещества внутри слоя. Псевдоожигенный слой имеет высокую объемную теплоемкость, поэтому процессы переноса в полной мере определяются перемешиванием твердой фазы.

Второй вид переноса энергии – перенос от газа к частицам. Различия тепло- и массообмена обусловлены

различными скоростями нагрева частиц. То есть в этом случае следует рассматривать задачу теплопроводности частицы и распределение температуры внутри частицы во времени.

Третий вид переноса энергии обусловлен взаимодействием слоя частиц со стенками пиролизной камеры. В нашем случае стенки изолированы, поэтому теплообмен со стенками мы рассматривать не будем.

Цель работы – разработать методику аналитической оценки интенсивности тепломассообмена в псевдоожигенном слое.

Материалы и результаты исследований. Для теоретического анализа взаимодействия частицы с входящим потоком газа предложена упрощенная расчетная модель системы, представленная на рисунке 1.

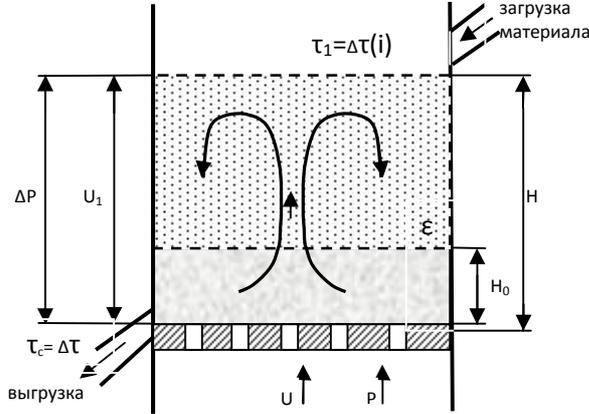


Рис. 1. Схема процесса предварительного низкотемпературного пиролиза

Основным препятствием распространения тепла является воздушные зазоры, поэтому эффективная теплопроводность снижается с повышением порозности, характерным для верхней части слоя материала. Но из-за переноса теплоты движущимися частицами $\lambda_{эф}$ практически постоянна. Поэтому температуропроводность (а) слоя совпадает с коэффициентом диффузии перемешивания твердых частиц.

$$\text{Объемная теплоемкость частиц:} \\ (1-\varepsilon)C_{уд\rho} \approx 1300 \text{ кДж/м}^3\text{К} \quad (1)$$

$$\text{Тогда эффективная теплопроводность слоя:} \\ \lambda = a(1-\varepsilon)C_{уд\rho} \approx 860 \text{ Вт/мК}, \quad (2)$$

достаточно высока, даже по сравнению металлами.

Аналогичные рассуждения приводят и другие авторы [1,2].

Для оценки перепада температур по сечению аппарата можно воспользоваться уравнениями:

$$G_{сл} \frac{C\rho_{сл}}{S} \cdot \frac{dT}{dR} = \lambda_{эф} \frac{d^2T}{dR^2} - a(T_R - T_0), \quad (3)$$

где $G_{сл}$ – расходная характеристика газа через слой ($\text{м}^3/\text{с}$); S – площадь сечения аппарата; $\rho_{сл}$ – плотность псевдооживленного слоя; R – радиус аппарата; T_0 – температура слоя в центре (на оси аппарата); T_R – температура слоя у стенки аппарата; a – эффективный коэффициент теплоотдачи.

Граничные условия:

$$\lambda_{эф} \left. \frac{dT}{dR} \right|_R = G_{сл} C\rho_{сл} (T_0 - T_R), \quad (4)$$

$$\lambda_{эф} \left. \frac{dT}{dR} \right|_0 = 0. \quad (5)$$

Решая уравнения, получим зависимость, позволяющую оценить перепад температур при загрузке материала во время его взаимодействия с воздухом и слоем:

$$\Delta T = T_0 - T_R = \frac{(T_0 - T_R)(C\rho_{сл}G_{сл} - aRS)}{C\rho_{сл}G_{сл}}, \quad (6)$$

ΔT в первые 0,5 с приблизительно 10 °С.

Температура воздуха перед газораспределительной решеткой существенно отличается от температуры слоя. Рассмотрим скорость прогрева слоя и, таким образом, определим, на какой высоте слоя температура частиц будет равна температуре воздуха. Если принять, что процесс теплообмена может быть количественно охарактеризован удельным объемным коэффициентом теплопередачи α_V ($\text{Вт/м}^3\text{К}$), то разность температур воздуха и сырьевых частиц должна убывать экспоненциально в направлении движения воздуха и на выходе из слоя будет стремиться к нулю. При высокой теплопроводности частиц можно считать их нагрев процессом достаточно быстротекущим. Измерения поля температур внутри частицы является сложно выполнимой задачей. Поэтому рассмотрим задачу теплопроводности частицы. Но вначале выполним оценку процессов теплообмена для каждой из фаз. Для этого запишем уравнение теплообмена для воздуха:

$$d\varepsilon C_{\rho} \rho_{\rho} \frac{dT_{\rho}}{dt} = G(1-\varepsilon)a'(T_M - T_{\rho}), \quad (7)$$

для слоя

$$a(1-\varepsilon)C_M \rho_M \frac{dT_M}{dt} = G(1-\varepsilon)a'(T_{\rho} - T_M), \quad (8)$$

Введем характеристические параметры времени прогрева газа τ_{ρ}^* при $T_M = \text{const}$ и τ_M^* при $T_{\rho} = \text{const}$:

$$\tau_{\rho}^* = \frac{\varepsilon C_{\rho} \rho_{\rho} d}{1-\varepsilon Ga}, \quad (9)$$

$$\tau_M^* = \frac{C_M \rho_M d}{Ga}, \quad (10)$$

Уравнения межфазного теплообмена:

$$\begin{cases} \tau_{\rho}^* \frac{dT_{\rho}}{dt} = T_M - T_{\rho} \\ \tau_M^* \frac{dT_M}{dt} = T_{\rho} - T_M \end{cases} \quad (11)$$

Решая эти уравнения получим:

$$\tau_{\rho}^* T_{\rho 0} + \tau_M^* T_{M 0} = (\tau_{\rho}^* + \tau_M^*) T_K, \quad (12)$$

где T_K – конечная температура фаз (равновесная), $T_{\rho 0}$ и $T_{M 0}$ – начальные температуры фаз.

Окончательно решение уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} T_M - T_K = \frac{T_{\rho 0} - T_K}{e^{\frac{\tau}{\tau_0}}} \\ T_{\rho} - T_K = \frac{T_{\rho 0} - T_K}{e^{\frac{\tau}{\tau_0}}} \end{cases}, \quad (13)$$

где τ_0 – характеристическое время теплообмена

$$\tau_0 = \frac{\tau_{\rho}^* \tau_M^*}{\tau_{\rho}^* + \tau_M^*} \approx \tau_{\rho}^* \quad (14)$$

Характеристическое время теплообмена определяет высоту слоя h_0 , на которой выполняется условие $T_M = T_{\rho}$

$$h_0 = \frac{\varepsilon^2}{G(1-\varepsilon)} P_2 100d \approx 10d.$$

Высота слоя $h_0 \approx 10d$. Время прогрева частиц определим из уравнений:

$$\frac{\partial T(r, \tau)}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T(r, \tau)}{\partial r} \right) \quad (15)$$

Начальное условие:

$$T(r,0) = T_1 \quad 0 \leq r \leq R_1 \quad (16)$$

Граничное условие:

$$\lambda \frac{\partial T(d,\tau)}{\partial r} = \alpha(T_0 - T_H) + L \cdot D \cdot \frac{\partial C(d,\tau)}{\partial r} = \mu(\tau), \quad (17)$$

d – диаметр частицы. Решение граничной задачи представим в виде:

$$T(r,\tau) = \int_0^\tau \int_0^{R_1} G(r,\rho,\tau-\tau') \Phi(\rho,\tau') \cdot \rho^2 d\rho d\tau', \quad (18)$$

где $G(r,\rho,\tau-\tau')$ – функция Грина :

$$G(r,\rho,\tau-\tau') = \frac{2}{R_1} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{\sin^2 \gamma_m} \times \frac{\sin \gamma_m \frac{r}{R_1} \cdot \sin \gamma_m \frac{\rho}{R_1}}{r \cdot \rho} \times e^{-a \frac{\gamma_m^2}{R_1^2} (\tau-\tau')} \quad (19)$$

$$\Phi(\rho,\tau') = -\frac{\rho}{\lambda} \mu'(\tau') + \frac{2a}{\lambda \rho} \mu(\tau').$$

Представленные выше особенности межфазного теплообмена справедливы и для процессов межфазного массообмена. Поскольку активный пиролиз происходит в области слоя $h_0 \approx 10d$, то в верхних слоях концентрация пиролизного газа практически не отличается от равновесной с дисперсной фазой. В слое высотой $h_0 \approx 10d$ концентрация летучих компонентов сырьевой смеси существенно отличается от равновесной. Для оценки интенсивности массообмена в литературе [2] предложена зависимость

$$Sh = \beta \frac{a}{D_{эф}}, \quad (20)$$

где β – коэффициент теплообмена; $D_{эф}$ – коэффициент диффузии.

Для этого слоя константа скорости массообмена должна быть рассчитана для конкретных условий. Практически обычно используют эффективный коэффициент массообмена β^* . Если дана оценка размера h_0 , то есть фактически определен эффективный коэффициент массообмена по корреляции

$$Sh = 0,025 Re Sc^{0,33} \quad (21)$$

Уравнение баланса концентрации летучих компонентов в частице и воздухе представим уравнением

$$\frac{\partial C(r,\tau)}{\partial \tau} - D \left[\frac{\partial^2 C(r,\tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial C(r,\tau)}{\partial r} \right] = \Phi(r,\tau) \quad (22)$$

$r \in [R_1, R_2]$ граничные условия:

$$C(d,\tau) = C_n(\tau) \quad (23)$$

$$C(10d,\tau) = \overline{C}_n(\tau) \quad (24)$$

Начальные условия

$$C(r,\tau)|_{\tau=0} = \psi_2(\tau) = const \quad (25)$$

Решение задачи

$$C = \int_0^\tau \int_{R_1}^{R_2} \frac{2}{R_2 - R_1} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi}{10d-d} (\rho-d)}{\rho} \cdot \frac{\sin \frac{m\pi}{10d-d} (r-d)}{r} \times$$

$$\times e^{-D \left(\frac{m\pi}{10d-d} \right)^2 (\tau-t)} \Phi_1(\rho,t) \cdot \rho^2 d\rho \quad (26)$$

Температурное и концентрационное поля связывает уравнение (17). Полученные уравнения решены в Mathcad 2001 (рис. 2).

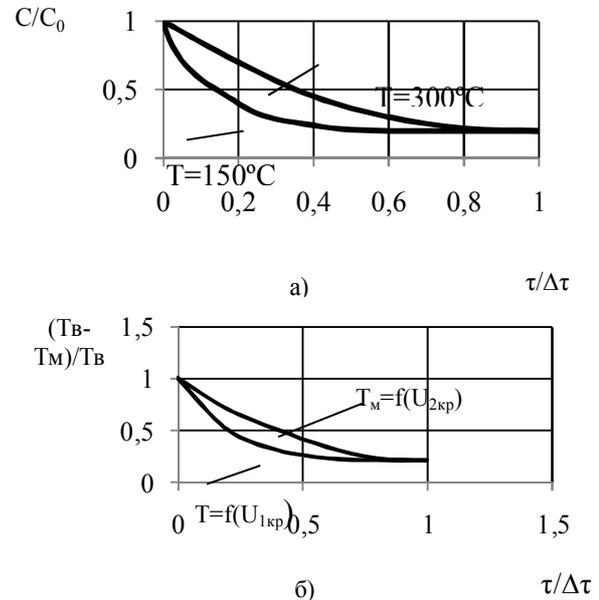


Рис. 2 Тепломассообменные характеристики частицы: а) зависимость относительной концентрации летучих компонентов от времени термообработки; б) изменение температуры во времени

Выводы

1. В пиролизной камере выделены два вида нестационарных температурного и концентрационного полей, которые связаны с подпиткой слоя холодными сырьевыми частицами.

2. В связи с тем, что внутри слоя происходит интенсивное циркуляционное перемешивание материала, все теплофизические характеристики по сечению слоя выравниваются. При этом за счет механического переноса тепловой энергии сосредоточены в частицах теплопроводность слоя может превышать теплопроводность металлов.

3. Установлено, что выравнивание перепадов температур и концентраций за счет указанных выше эффектов происходит в течении 0,5-1 с, то есть во временном интервале сопоставимым с периодом пульсаций слоя.

4. Расчетным путем установлено, что выравнивание значений концентраций и температур материала слоя и воздуха происходит на высоте $10d$ частицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумов И.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов. – М.: Химия, 1972. – 240 с.
2. Тодес О.М. Аппараты с кипящим зернистым слоем / Тодес О.М., Циткович О.Б. – Л.: Химия, 1981. – 296 с.