

$$k = \frac{\ln K_{\text{пер}}^{\text{кон}} \sum_{i=1}^n \tau_i - \sum_{i=1}^n \ln(K_{\text{пер}}^{\text{кон}} - K_{\text{пер}})}{\sum_{i=1}^n \tau_i^2}, \quad (9)$$

где τ_i – время обработки, с.

Тогда энергию активации можно определить из выражения:

$$G = R \ln \left(\frac{k''}{k'} \right) \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1}. \quad (10)$$

Значение предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса находим как

$$K^S = \frac{k'}{\exp\left(-\frac{G}{RT_1}\right)} = \frac{k''}{\exp\left(-\frac{G}{RT_2}\right)}. \quad (11)$$

Количество электричества, протекающее через раствор в анодной и (катодной) зоне

$$D_{\tau}^{A(K)} = \frac{\gamma_r^c E_c \tau}{I_{a,(k)}(1-\nu)}. \quad (12)$$

Таким образом, математической моделью процесса электротермохимической обработки зерна, позволяющей рассчитать кинетические параметры, является уравнение (7).

В модель процесса ЭТХО зерна входит ряд уравнений описывающих: температурное поле; числа переноса активных ионов через разделительную мембрану; количество протекающего электричества; коэффициент переработки; рН раствора. Модель процесса может быть решена с использованием средств вычислительной техники.

Модель температурного поля в среде, полуограниченной электродами, разделенными мембраной

Николаенок М. М., канд. техн. наук, доцент, Заяц А. Е., инженер, Кардашов П. В., ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск

Повышение эффективности использования кормовых материалов (фуражного зерна, белков молочной сыворотки, картофельного сока и др.), представляющих собой органическую дисперсную гидросистему, связано с

пропуская электрический ток через среду, полуограниченную униполярными электродами, разделенными мембраной (рис.1).

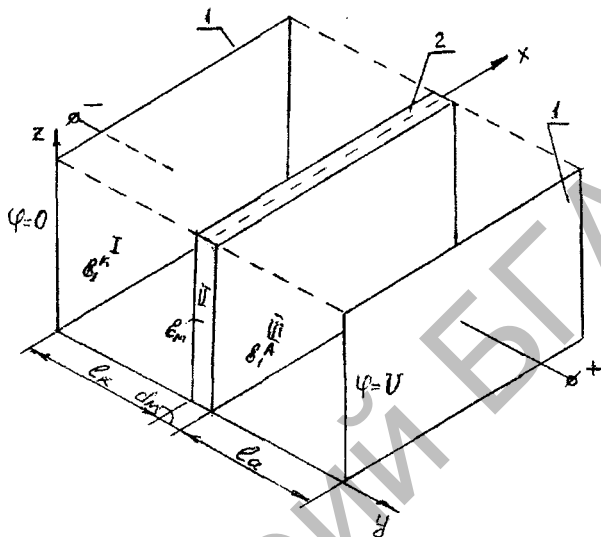


Рис.1. Схема к расчету температурного и электрического полей плоскопараллельной электродной системы с разделительной мембраной: 1 – токоподводящие электроды, 2 – мембрана

Для одномерного случая из уравнения Лапласа в каждой из образовавшихся областей I, II, III с учетом граничных условий получили напряженность электрического поля

в области I

$$E(y) = \frac{U}{l_k + \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_1^a} l_a + \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_m} d_m}; \quad (1)$$

в области II

$$E(y) = \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_m} \frac{U}{l_k + \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_1^a} l_a + \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_1^a} d_m}; \quad (2)$$

в области III

$$E(y) = \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_1^a} \frac{U}{l_k + \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_1^a} l_a + \frac{\varepsilon_1^k}{\varepsilon_{m1}} d_m}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_1^k, \varepsilon_1^a, \varepsilon_m$ - диэлектрическая проницаемость материала катодной и анодной зоны, мембраны; l_k, l_a, d_m - толщина катодной и анодной зоны, мембраны; U - напряжение питания электродов.

Температурное поле в процессе обработки описывается известным уравнением

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\lambda(y)}{\rho(y)C(y)} \frac{d^2T}{dy^2} + \frac{\gamma(T, e)E^2(y)}{\rho(y)C(y)}, \quad (4)$$

с начальными условиями

$$T|_{\tau=0} = T_0, \quad (5)$$

и граничными условиями:

область I

$$\begin{aligned} \text{при } y=0, \quad \lambda(y) \frac{dT}{dy} &= \alpha_1 (T_b - T|_y); \\ \text{при } y=l_k, \quad \lambda(y) \frac{dT}{dy} &= \alpha_1 (T_m|_y - T|_y); \end{aligned} \quad (6)$$

область II

$$\begin{aligned} \text{при } y=l_k, \quad \lambda(y) \frac{dT}{dy} &= \alpha_2 (T_k|_y - T|_y); \\ \text{при } y=l_k + d_m, \quad \lambda(y) \frac{dT}{dy} &= \alpha_2 (T_a|_y - T|_y); \end{aligned} \quad (7)$$

область III

$$\begin{aligned} \text{при } y=l_k + d_m, \quad \lambda(y) \frac{dT}{dy} &= \alpha_2 (T_m|_y - T|_y); \\ \text{при } y=l_k + l_a + d_m, \quad \lambda(y) \frac{dT}{dy} &= \alpha_1 (T_b - T|_y); \end{aligned} \quad (8)$$

где $\lambda(y), C'(y), \rho(y)$ - теплопроводность, теплоемкость, плотность материала; α_1, α_2 - коэффициенты теплоотдачи от среды к воздуху и к мембране; T - температура среды; T_0 - начальная температура среды; T_a, T_k, T_m - температура на границе анодной, катодной зоны, мембраны; T_b - температура окружающего воздуха; $\gamma(T, y)$ - удельная электрическая проводимость нагреваемого материала; τ - время нагрева; $\rho(y)$ - плотность материала.

При электролизе дисперсной гидросистемы, содержащей катионы и анионы в двухкамерном электролизере происходит изменение их концентрации. В связи с этим, проводимость материала в области I

$$\gamma(T, y) = \frac{C_a^{k_0} l_k F [\gamma_0^k + A_1(T - 273)]}{C_a^{k_0} l_k F + [\gamma_0^k + A_1(T - 273)] E(y) \int_0^\tau n_a(\tau) d\tau} \quad (9)$$

в области II

$$\gamma(T, y) = \gamma_m; \quad (10)$$

в области III

$$\gamma(T, y) = \frac{C_k^{K_0} l_a F [\gamma_0^a + A_2(T - 273)]}{C_k^{K_0} l_a F + [\gamma_0^a + A_2(T - 273)] E(y) \int_0^\tau n_k(\tau) d\tau}, \quad (11)$$

где γ_0^k, γ_0^a - электрическая проводимость материала в катодной, анодной зоне при температуре 293К; A_1, A_2 - температурный коэффициент проводимости материала в катодной, анодной зоне; F - число Фарадея; $C_a^{K_0}, C_k^{A_0}$ - начальная концентрация анионов в катодной зоне, катионов в анодной зоне; $n_a(\tau), n_k(\tau)$ - число переноса анионов, катионов.

Решение уравнения (4), с учетом начальных (5) и граничных (6-8) условий, для значений напряженности электрического поля (1-3) и электрической проводимости (9-11) может быть получено в конечных разностях методом прогонки.

Таким образом, предлагаемую математическую модель можно использовать с целью выбора оптимальных геометрических параметров электролизера и условий обработки, при которых температурное поле наиболее равномерно.