

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузмаков Г.Т., Поляков А.Д. Рыбы Кузбасса. - Кемерово: ЦНТИ, 2002.- 30 с.
2. Красная книга Кемеровской области. Животные. - Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 2000. – 276 с.

3. Поляков А.Д., Бузмаков Г.Т. Проблемы охраны и воспроизводства редких видов рыб в заповеднике Кузнецкий Алатау //Научные труды заповедника „Присурский“. Том 9. Чебоксары-Москва. 2002.- 126 с.

*Конференция по энергетике и управлению переработки отходов***КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА
ТЕПЛООВОГО РАЗГОНА**

Галушкин Д.Н., Галушкина И.А., Галушкина Н.Н.
*Южно-Российский государственный
университет экономики и сервиса,
Шахты*

Нестационарный процесс теплового разгона чаще всего наблюдается в никель-кадмиевых аккумуляторах, эксплуатирующихся в буферном режиме, в составе бортовой системы самолета. Появление теплового разгона приводит к аварийным ситуациям, приводящим к выходу из строя различных блоков радиоэлектронной системы самолета.

Процесс теплового разгона начинается при замыкании электродов. Это приводит к локальному разогреву электродов в месте замыкания до температуры, при которой происходит газовыделение. Затем выделившийся газ начинает гореть. Из-за этого поднимается температура в соседних с точкой замыкания электродов областях. Таким образом, температура электродов описывает как начало теплового разгона, так и процесс его распространения:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \operatorname{div}(\operatorname{grad} T) + g(x, y, z, t), \quad (1)$$

где $a = \sqrt{\frac{k}{\gamma\rho}}$; k - коэффициент теплопроводности; γ -

теплоемкость вещества; ρ - плотность вещества;

$$g(x, y, z, t) = \frac{v(x, y, z, t)}{\gamma\rho}. \quad (2)$$

где $v(x, y, z, t)$ - количество тепла, выделяемое в единицу времени из единицы объема электрода. Рассмотрим функцию $v(x, y, z, t)$. В случае небольших температур количество выделяемого тепла должно быть пропорционально количеству выделяемого газа из электрода. Таким образом, при низких температурах количество выделяемого в каждой точке электрода тепла должно быть возрастающей функцией температуры, т.е.

$$v = F(T). \quad (3)$$

В выражении (3) не должно быть явной зависимости ни от координат, ни от времени, так как только при определенной температуре в любой точке и в любой момент времени начинается газовыделение и, соответственно, начинается реакция горения. То есть количество выделяемого тепла в единицу времени в единице объема v должно зависеть от координат и времени только через температуру.

Когда ресурс реакции исчерпается и выделение тепла прекратится, температура в данной точке электрода достигнет максимального значения, равного значению температуры в предыдущей точке электрода (предполагается, что температура распространяется по радиусу от точки замыкания электродов).

Таким образом, градиент (по радиусу) температуры обратиться в нуль в момент окончания выделения тепла в данной точке. Из аналогичных соображений можно сделать вывод: чем больше разность температур в данной и предыдущей точке, тем больше имеется ресурса для реакции и, следовательно, тем больше будет выделяться тепла.

Отсюда следует, что v должна быть также возрастающей функцией градиента температуры. Таким образом, в общем случае v должна быть возрастающей функцией как температуры, так и градиента температуры в каждой точке электрода.

$$v = F\left(T, \frac{\partial T}{\partial R}\right). \quad (4)$$

Причем $v(T, 0) = 0. \quad (5)$

Если воспользоваться экспериментальными данными, представленными в таблице, то получим близкую к линейной зависимость для скорости газовыделения от температуры.

В этом случае формулу (4) необходимо переписать в виде:

$$v = k \cdot T \cdot f\left(\frac{\partial T}{\partial R}\right). \quad (6)$$

где $k = \frac{8,5}{700}$ мл·мин⁻¹·град⁻¹ - угловой коэффициент линейной.

Таблица- Зависимость скорости газовыделения из оксид-никелевого электрода от температуры

v , мл/мин	T , °C
8,3	700
8,5	920
10,4	1000
12,6	1100
14,5	1100

В первом приближении, с учетом условия (5), функцию (6) можно представить в виде

$$v = -A \cdot T \cdot \frac{\partial T}{\partial R}. \quad (7)$$

Знак минус в формуле (7) показывает, что только в случае отрицательного градиента происходит выде-

ление тепла. В формуле (7) A - некоторая экспериментальная константа.

В данной модели не учитывается рассеивание тепла в межэлектродное пространство, т.е. учитывать только движение тепла по телу электродов. Это оправдано на первом шаге, так как теплопроводность материала электродов намного выше теплопроводности воды. Следовательно, задача двухмерная. За начало отсчета возьмем точку замыкания электродов. Кроме того считаем, что все свойства электродов изотропны. Таким образом, задача будет симметричной относительно точки замыкания электродов. В соответствии с этим воспользуемся полярной системой координат, тогда уравнение (1) с учетом (7) примет вид [1].

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{a}{R} \frac{\partial T}{\partial R} + a \frac{\partial^2 T}{\partial R^2} - A \cdot T \frac{\partial T}{\partial R}. \quad (8)$$

При достаточно больших значениях R можно пренебречь первым слагаемым справа в уравнении (8), в этом случае получаем стандартное уравнение Бюргерса [2].

$$\frac{\partial T}{\partial t} + A \cdot T \frac{\partial T}{\partial R} = a \frac{\partial^2 T}{\partial R^2}. \quad (9)$$

Найдем решение уравнения (9) при граничных условиях:

$$T(R=0, t=0) = T_0, \quad (10)$$

$$T(R=\infty, t) = 0.$$

Получим

$$T = T_0 \left(1 - \operatorname{th} \left(\frac{T_0 \cdot A}{2 \cdot a} R - \frac{a}{2} \left(\frac{T_0 \cdot A}{a} \right)^2 \cdot t \right) \right). \quad (11)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галушкин Д. Н., Румянцев К. Е., Галушкин Н. Е. Исследование нестационарных процессов в щелочных аккумуляторах: Монография.-Ш.:ЮРГУЭС.-2001.-112с.

2. Додд Р., Эйлбек Дж, Гиббон Дж Солитоны и нелинейные волновые уравнения. - М.: Мир. - 1988.-695с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ПО ГЛУБИНЕ ПОРИСТОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ДЕНДРИТООБРАЗОВАНИЯ

Галушкина И.А., Галушкин Д.Н., Галушкина Н.Н.

Южно-Российский государственный
университет экономики и сервиса,
Шахты

Необратимое явление в щелочных аккумуляторах, такое как накопление дендритов в электродах и их сепарации, приводящее к ухудшению эксплуатационных характеристик химического источника тока и выходу его из строя, в данное время изучено не в полной мере, несмотря на то что, щелочные аккумуляторы довольно широко используются в блоках пи-

тания переносных устройств специального назначения. Для этого проведем компьютерное моделирование. Рассчитаем распределение тока и количество прошедшего электричества по глубине пористого электрода при заряде его постоянным током.

Для расчета распределения воспользуемся макроднородной моделью пористого электрода. Решение произведем в активационно-омическом режиме. Сопротивлением твердой фазы и емкостью двойного слоя пренебрегаем. Начало отсчета поместим в центр электрода, ось Ox направим перпендикулярно к поверхности электрода. В этом случае из макроднородной модели пористого электрода [1] получим уравнение для расчета распределения поляризации по глубине пористого электрода [2,3]:

$$d^2 u / dx^2 = \rho \cdot s \cdot f(u). \quad (1)$$

В случае заряда аккумулятора при постоянном токе граничные условия будут

$$du/dx|_{x=0} = 0, \quad J = - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} u|_{x=-\mathbf{1}}, \quad (2)$$

где J - входная плотность тока; u - поляризация в любой точке внутри электрода; r - эффективное удельное сопротивление; $\mathbf{1}$ - половина толщины электрода при двухстороннем подводе внешнего тока; s - удельная поверхность единицы объема электрода; $f(u)$ - поляризационная функция.

Найдем решение уравнения (1) для случая заряда аккумуляторов при постоянном токе (2). В первом приближении будем считать, что поляризационная функция линейная т.е.

$$f(u) = \alpha u \quad (3)$$

Тогда для распределения тока по глубине пористых электродов получим соотношение

$$j(x) = J \sqrt{\alpha \rho / s} \frac{\operatorname{ch} \sqrt{\rho s \alpha} x}{\operatorname{sh} \sqrt{\rho s \alpha} \mathbf{1}}. \quad (4)$$

В рассмотренном случае распределение тока по глубине пористых электродов имеет вид гиперболического косинуса. То есть в любом случае наиболее быстро заряжаются поверхностные слои пористых электродов. Таким образом, при заряде аккумуляторов поверхностные слои электродов раньше заряжаются, и на них резко возрастает поляризация и начинает выделяться газ (вследствие разложения воды) в то время, как внутренние слои электродов будут еще незаряженными. Поэтому аккумуляторы, как правило, перезаряжают в 1,5-2 раза по сравнению с их номинальной емкостью, что позволяет полностью зарядить и внутренние слои электродов. Однако, при этом выделяется много водорода вследствие разложения воды, который и накапливается в электродах. Если бы удалось заряжать электроды аккумуляторов равномерно по всей глубине, то перезаряд аккумуляторов стал бы полностью не нужен, и, следовательно, не было бы газовой выделении при заряде. А это в свою очередь исключило бы накопление водорода в электродах. Применение переменного асимметричного тока при заряде позволяет добиться равномерного распределения количества прошедшего электричества по глубине пористых электродов и тем самым позволяет резко сократить газовыделение.