

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИТЕРИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
БОЯРЕВИЧА-РОМЕРИО В АЛГОРИТМАХ АСУТП ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ**

**И.Н. Коростелев, Т.В. Пискажова,
О.Г. Проворова, В.В. Синельников***

Исследуется длинноволновая нестабильность поверхности раздела металл-электролит в алюминиевом электролизере. Описан блок оценки МГД-стабильности для программы «Виртуальный электролизер». Представлен разработанный критерий устойчивости и методика включения его в алгоритмы АСУТП электролиза. Описана методика учета влияния магнитного поля и насыли на устойчивость электролизера. Проведен расчет динамической поверхности раздела металл-электролит.

Алюминиевый электролизер представляет собой прямоугольную ванну, которая содержит два жидких слоя – слой электролита и алюминия. Сильные электромагнитные поля, присутствующие в электролизере, вызывают гравитационные волны. Волнение поверхности металла способствует массопереносу жидкого алюминия от катода в электролит, где он снова окисляется. За счет этого снижается производительность электролизера.

Свободная поверхность жидкости, находящейся в равновесии в поле тяжести, – плоская. Если под влиянием внешнего воздействия поверхность жидкости в каком-нибудь месте выводится из ее равновесного положения, то в жидкости возникает движение, которое распространяется вдоль всей поверхности жидкости в виде волн, которые называются гравитационными. С технологической точки зрения за предел стабильности электролизера принимается минимальное значение расстояния анод–металл (межполюсное расстояние, МПР), при котором возникают незатухающие колебания поверхности раздела металл–электролит. Автоматическая система управления технологическим процессом (АСУТП) определяет возникновение колебаний по флуктуациям измеряемого напряжения – уровню «шума». Величина в 30 мВ считается нормой, а пороговое значение, выше которого «шум» считается высоким, – 70 мВ.

За последние два десятилетия появилось много работ, посвященных исследованию механизмов, вызывающих волнение на поверхности металла. Само по себе существование различных подходов, дающих объяснение этому явлению, свидетельствует о том, что исчерпывающего ответа нет. Математические модели имеют ограниченные области применения. Использование их зависит от поставленной задачи.

Практическое использование существующих математических моделей алюминиевого электролизера связано с рядом трудностей, обусловленных особыми требованиями АСУТП. Одним из требований к моделям для использования в алгоритмах АСУТП является обеспечение высокой скорости расчета. Так, в работе [1] представлена программа «Виртуальный электролизер» [2], в которой используются специальные динамические модели, удовлетворяющие этим требованиям. С точки зрения приложений наиболее значимым является получение условий, выполнение которых гарантировало бы устойчивость работы алюминиевого электролизера. В литературе эти условия представляют собой неравенства, которые называются критериями устойчивости. В данное время в литературе нет критерия устойчивости электролизера, который можно было бы

* © И.Н. Коростелев, О.Г. Проворова, Красноярский государственный университет (Россия), E-mail: korostelevin@kraz.ru, orga@krasu.ru; Т.В. Пискажова, В.В. Синельников, ООО «Инженерно-технологический центр», E-mail: piskajova@kraz.ru, 2005.

включить в систему подобную [2]. Целью проведенной работы было разработать блок оценки МГД-стабильности для программы «Виртуальный электролизер».

Обозначения:

- L_x – длина электролизера (м),
- L_y – ширина электролизера (м),
- I_c – ток серии (А),
- ρ_m – плотность металла (кг/м³),
- ρ_ε – плотность электролита (кг/м³),
- σ_m – электропроводность металла (Ом⁻¹м⁻¹),
- σ_ε – электропроводность электролита (Ом⁻¹м⁻¹),
- h_m – высота металла (м),
- $h_{МПП}$ – величина МПП (м),
- h_a – высота анода (м),
- B_z – z-компонента магнитного поля (Тл).

Критерий Бояревича-Ромерио

В качестве критерия для определения критического МПП выбран критерий Бояревича-Ромерио [3]. Основные предположения, при которых он получен:

- жидкости невязкие и несжимаемые;
- нормальные компоненты поля скоростей равны нулю на стенках и непрерывны на поверхности раздела жидкостей, так же как и давление;
- жидкости несмешиваемые;
- индуцированные токи не учитываются.

Обозначим через

$k = (k_x, k_y)$ - волновой вектор;

$$k_x = \frac{\pi}{L_x} m; \quad k_y = \frac{\pi}{L_y} n; \quad m, n - \text{целые числа};$$

$$\omega_{m,n}^2 = \frac{\rho_m - \rho_\varepsilon}{\rho_m/h_m + \rho_\varepsilon/h_{МПП}} g \left(\left(\frac{\pi}{L_x} m \right)^2 + \left(\frac{\pi}{L_y} n \right)^2 \right) - \text{собственные частоты системы.}$$

Любой другой волновой вектор запишется в следующем виде:

$$k' = (k'_x, k'_y); \quad k'_x = \frac{\pi}{L_x} m'; \quad k'_y = \frac{\pi}{L_y} n'; \quad m', n' - \text{целые числа.}$$

Соответствующая собственная частота

$$\omega_{m',n'}^2 = \frac{\rho_m - \rho_\varepsilon}{\rho_m/h_m + \rho_\varepsilon/h_{МПП}} g \left(\left(\frac{\pi}{L_x} m' \right)^2 + \left(\frac{\pi}{L_y} n' \right)^2 \right).$$

Содержательно критерий состоит в том, что собственные частоты $|\omega_{m,n}^2 - \omega_{m',n'}^2|$ должны быть расположены как можно дальше друг от друга. Аналитическое выражение этого требования состоит в выполнении следующего неравенства:

$$\begin{aligned} & (\rho_m - \rho_\varepsilon)^2 g^2 \pi^4 h_m^2 h_{МПП}^2 \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m^2 - m'^2}{L_x^2} + \frac{n^2 - n'^2}{L_y^2} \right)^2 \geq \\ & \geq \frac{I_c^2}{4 \cdot L_x^2 L_y^2} \varepsilon_k^2 \varepsilon_{k'}^2 \left[\frac{n' m - n m'}{L_x L_y} \left(B_{k'_x + k_x, k'_y + k_y} - B_{k'_x - k_x, k'_y - k_y} \right) + \frac{n' m + n m'}{L_x L_y} \left(B_{k'_x + k_x, k'_y - k_y} - B_{k'_x - k_x, k'_y + k_y} \right) \right]^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где ε_k – нормирующий множитель, который определяется по формуле:

$$\varepsilon_k = \begin{cases} 1, & \text{если } k_x, k_y \neq 0 \\ 1/\sqrt{2}, & \text{если } k_x \text{ или } k_y = 0, \quad k_x \neq k_y \\ 1/2, & \text{если } k_x = k_y = 0. \end{cases}$$

Достижение равенства дает границу области устойчивости. Распределение вертикальной компоненты магнитного поля учитывается через ее преобразование Фурье:

$$B_{k_x, k_y} = \frac{4}{L_x L_y} \int_{\Gamma} B_z \sin k_x x \sin k_y y dx dy. \quad (2)$$

В критерии учитывается характер распределения вертикальной компоненты магнитного поля. Учитываются основные технологические параметры.

Критерий плохо работает, если есть не одна пара близких значений $|\omega_{m,n}^2 - \omega_{m',n'}^2|$, поэтому для выбора ведущей пары необходимы еще какие-то дополнительные условия.

Таким образом, для практического использования этого критерия и включения в программу «Виртуальный электролизер» требуется его адаптировать.

Влияние настыли на критическое МПП

Для расчета порога устойчивости конкретного типа электролизера в зависимости от технологических параметров в программе «Виртуальный электролизер» невозможно использовать модели МГД-стабильности с пространственными переменными, так как требуется быстрый расчет технологических параметров. Вдоль бортов и на дне электролизера находится застывший слой электролита – настыль. Для учета зависимости магнитного поля от длины настыли будем аппроксимировать его с помощью полинома.

Обозначим Фурье–компоненты вертикальной составляющей магнитного поля в зависимости от длины настыли через

$$I(m, n, l) = \frac{4}{L_x L_y} \int_{\Gamma} B_z(x, y, l) \sin \frac{\pi m x}{L_x} \sin \frac{\pi n y}{L_y} dx dy, \quad (3)$$

где l – длина настыли.

1. С помощью пространственных моделей рассчитаем магнитное поле при различных значениях настыли.
2. Рассчитаем коэффициенты Фурье.
3. Будем искать теперь аппроксимационный многочлен в виде:
4. $I(m, n, l) = I(m, n, 0) + k_1(m, n) \cdot l + k_2(m, n) \cdot l^2 + k_3(m, n) \cdot l^3.$ (4)
5. Коэффициенты многочлена находим методом наименьших квадратов и для каждого типа электролизера храним их в виде матрицы.

С учетом этого неравенство (1) запишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} & (\rho_m - \rho_s)^2 g^2 \pi^4 h_m^2 h_{MPP}^2 \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m^2 - m'^2}{L_x^2} + \frac{n^2 - n'^2}{L_y^2} \right)^2 \geq \\ & \geq \frac{I_c^2}{4 \cdot L_x^2 L_y^2} \varepsilon_k^2 \varepsilon_k'^2 \left[\frac{n' m - n m'}{L_x L_y} (I(m'+m, n'+n, l) - I(m'-m, n'-n, l)) + \right. \\ & \left. + \frac{n' m + n m'}{L_x L_y} (I(m'+m, n'-n, l) - I(m'-m, n'+n, l)) \right]^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Для проверки было проведено сравнение коэффициентов Фурье, рассчитанных по формуле (3) и коэффициентов Фурье, рассчитанных по формуле (4). На рис. 1 точками показаны значения рассчитанных коэффициентов Фурье, сплошной линией – график соответствующего полинома для $I(3, 5, l)$:

$$I(3, 5, l) = 5,049 \cdot 10^{-4} + 0,261 \cdot 10^{-4} \cdot l - 0,258 \cdot 10^{-4} \cdot l^2 + 0,095 \cdot 10^{-4} \cdot l^3.$$

Коэффициенты $k_1(m, n), k_2(m, n), k_3(m, n)$ для рассмотренного выше тестового примера приведены в табл. 1:

Определяя волновые числа $(m'+m, n'+n), (m'-m, n'-n), (m'+m, n'-n), (m'-m, n'+n)$, для которых необходимо найти коэффициенты Фурье, в таблице коэффициентов полинома находим нужные значения и подставляем в формулу (4), вычисляем полиномы $I(m, n, l)$ для заданной длины настыли, полученные значения подставляем в критерий (5).

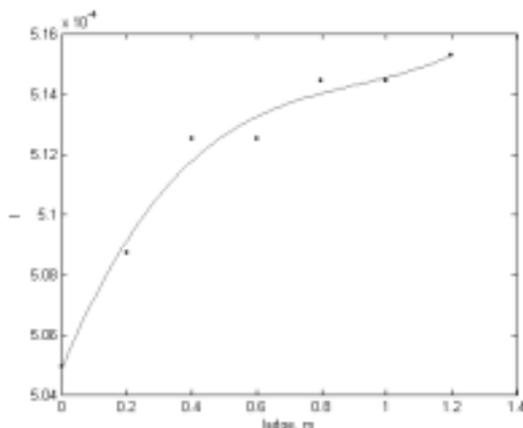


Рис. 1. Зависимость коэффициентов Фурье от длины настыли

Таблица 1

Таблица коэффициентов Фурье

m	n	Coefficients					
		0	1	2	3	4	5
0	k3	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
	k2	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
	k1	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
	i0	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
1	k3	0,000000e+000	-2,9242249e-006	5,2614859e-006	-5,6994924e-007	3,7612825e-006	1,6381650e-007
	k2	0,000000e+000	6,2844653e-006	-1,2046341e-005	1,2948284e-006	-8,6418727e-006	-2,9015504e-007
	k1	0,000000e+000	-3,1479265e-006	7,6330211e-006	-1,2681559e-007	5,6276863e-006	7,5861048e-007
	i0	0,000000e+000	4,7509785e-003	2,5950774e-004	1,1330090e-003	2,1781449e-004	6,2370213e-004
2	k3	0,000000e+000	1,2341806e-005	5,0624851e-005	9,4969229e-006	2,2971354e-005	7,7509683e-006
	k2	0,000000e+000	-2,7559567e-005	-1,2825975e-004	-2,3567580e-005	-6,2418521e-005	-1,8656738e-005
	k1	0,000000e+000	2,1949002e-005	1,2409644e-004	2,0374061e-005	4,6281433e-005	1,6843989e-005
	i0	0,000000e+000	7,2182253e-005	-4,9657657e-004	6,7410655e-005	-1,3915835e-004	4,8817554e-005
3	k3	0,000000e+000	6,2076407e-006	6,3009462e-006	1,0115374e-005	6,4828410e-006	9,4612583e-006
	k2	0,000000e+000	-1,5406607e-005	-1,5554680e-005	-2,5934541e-005	-1,6926584e-005	-2,5837538e-005
	k1	0,000000e+000	1,1533545e-005	1,3966960e-005	2,4531482e-005	1,6695423e-005	2,6058203e-005
	i0	0,000000e+000	2,5478594e-003	9,6879704e-005	8,7056006e-004	8,4049159e-005	5,0486075e-004

Зависимость магнитного поля от тока серии

Магнитное поле также зависит от тока серии. Оно находится по закону Био-Савара-Лапласа:

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j}(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} d\vec{r}'.$$

При изменении тока серии в K раз, токи во всех элементах конструкции электролизера также изменятся в K раз:

$$I_2 = K \cdot I_1,$$

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{K \cdot \vec{j}(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} d\vec{r}'.$$

Соответственно магнитное поле и коэффициенты Фурье также изменятся в K раз:

$$\vec{B}_2 = K \cdot \vec{B}_1,$$

$$I(m,n,l) = \frac{4}{L_x L_y} \int_{\Gamma} K \cdot B_z(x,y,l) \sin \frac{\pi m x}{L_x} \sin \frac{\pi n y}{L_y} dx dy.$$

С учетом этого неравенство (5) принимает следующую форму:

$$\begin{aligned}
 & (\rho_m - \rho_a)^2 g^2 \pi^4 h_m^2 h_{МПР}^2 \left(\frac{m'^2}{L_x^2} + \frac{n'^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m'^2 - m^2}{L_x^2} + \frac{n'^2 - n^2}{L_y^2} \right)^2 \geq \\
 & \geq \frac{I_c^2}{4 \cdot L_x^2 L_y^2} \varepsilon_k^2 \varepsilon_{k'}^2 \left(\frac{I_c}{I_0} \right)^2 \left[\frac{n'm - nm'}{L_x L_y} (I(m'+m, n'+n, l) - I(m'-m, n'-n, l)) + \right. \\
 & \left. + \frac{n'm + nm'}{L_x L_y} (I(m'+m, n'-n, l) - I(m'-m, n'+n, l)) \right]^2,
 \end{aligned}$$

где I_0 – ток серии, при котором рассчитывалось магнитное поле.

После определения коэффициентов Фурье z-компоненты магнитного поля $I(m, n, l)$ для разной настыли и выбора пары мод для конкретного типа электролизера можно записать зависимость критического МПР от технологических параметров электролизера в следующем виде:

$$h_{МПР} = A(l) \frac{I_c^2}{(\rho_m - \rho_a) h_m},$$

где

$$\begin{aligned}
 A(l) = & \frac{\varepsilon_k \varepsilon_{k'}}{2 \cdot L_x L_y I_0} \left[\frac{n'm - nm'}{L_x L_y} (I(m'+m, n'+n, l) - I(m'-m, n'-n, l)) + \right. \\
 & \left. + \frac{n'm + nm'}{L_x L_y} (I(m'+m, n'-n, l) - I(m'-m, n'+n, l)) \right] / \left[g \pi^2 \sqrt{\left(\frac{m'^2}{L_x^2} + \frac{n'^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right) \left(\frac{m'^2 - m^2}{L_x^2} + \frac{n'^2 - n^2}{L_y^2} \right)} \right].
 \end{aligned}$$

Определение ведущей пары мод

Отметим, что наиболее сложным при использовании критерия является выбор ведущей пары мод. Это обусловлено следующим:

1. Если длина и ширина ванны выбраны так, что самые низкие гравитационные частоты хорошо отделены друг от друга, то система будет устойчива, если коэффициенты Фурье (2) ненулевые только для маленьких значений $k = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$.
2. Критерий получен в длинноволновом приближении, то есть при выполнении условия $kh \ll 1$, что также вносит неопределенность в его использование.
3. Может быть не одна пара мод, расстояния между которыми близки.
4. Наконец, теоретические размеры ванны и ее реальные (с учетом гарнисажа) также вносят неопределенность в выбор ведущей пары мод.

Для обоснования выбора ведущей пары мод в критерии Бояревича-Ромерио будем анализировать амплитуды мод, входящих в разложение динамической поверхности раздела металл-электролит. Разложение поверхности раздела металл-электролит запишем в следующем виде:

$$H = \sum_k \tilde{H}_k(t) \frac{2}{\sqrt{L_x L_y}} \varepsilon_k \cos k_x x \cos k_y y.$$

Система уравнений на амплитуды мод запишется следующим образом [3]:

$$\frac{d^2 \tilde{H}_k}{dt^2} + \omega_k^2 \tilde{H}_k = \sum_{k'} G_{k,k'} \tilde{H}_{k'},$$

где

$$\begin{aligned}
 \tilde{H}_k &= \left(h_m h_{МПР} k^2 + \frac{\sigma_a}{\sigma_m} \left(1 + \frac{h_m}{h_a} \right) \right)^{-1/2} \hat{H}_k, \\
 \omega_k^2 &= \frac{\rho_m - \rho_a}{\rho_m / h_m + \rho_a / h_{МПР}} g k^2,
 \end{aligned}$$

$$G_{k,k'} = -\frac{I_c}{\rho_m/h_m + \rho_\Omega/h_{MPP}} \cdot \frac{1}{4L_xL_y} \varepsilon_k \varepsilon_{k'} \times$$

$$\times \left[(k'_y k_x - k'_x k_y) (B_{k'_x+k_x, k'_y+k_y} - B_{k'_x-k_x, k'_y-k_y}) + (k'_y k_x + k'_x k_y) (B_{k'_x+k_x, k'_y-k_y} - B_{k'_x-k_x, k'_y+k_y}) \right] \times$$

$$\times \left(h_m h_{MPP} k^2 + \frac{\sigma_\Omega}{\sigma_m} \left(1 + \frac{h_m}{h_a} \right) \right)^{-1/2} \left(h_m h_{MPP} k'^2 + \frac{\sigma_\Omega}{\sigma_m} \left(1 + \frac{h_m}{h_a} \right) \right)^{-1/2}.$$

В качестве начальных данных будем задавать стационарную поверхность раздела металл-электролит. Исходными данными для расчета стационарной поверхности будут значения компонент магнитного поля, токораспределение по анодам и по блумсам, плотность электролита и металла, геометрические размеры ванны [4].

На рис. 2 показано рассчитанное изменение поверхности раздела металл-электролит за 100 с для ванны С160.

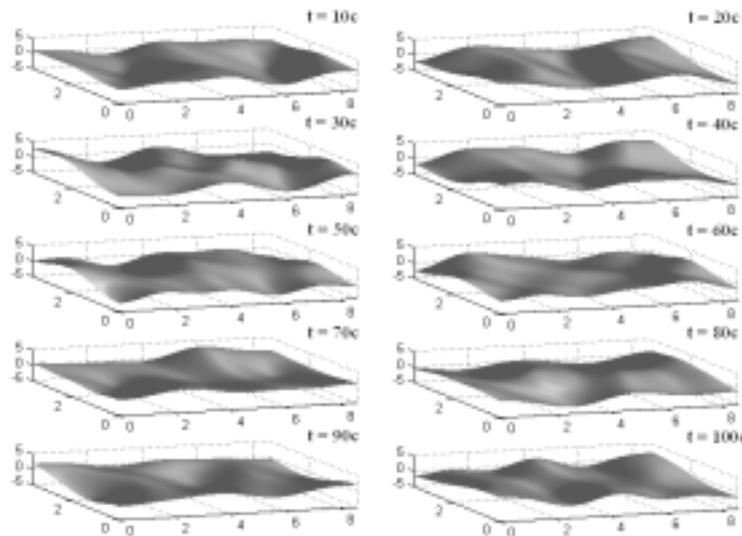


Рис. 2. Изменение поверхности раздела (см) за 100 с для ванны С160

Рассмотрим амплитуды мод, входящих в разложение динамической поверхности раздела металл-электролит. В табл. 2 для ванны С160 представлены максимальные значения за 100 с амплитуд:

$$A = \hat{H}_k(t) \frac{2}{\sqrt{L_x L_y}} \varepsilon_k.$$

Таблица 2

Ванна С160, максимальные значения амплитуд мод

<i>m</i>	<i>n</i>	<i>A</i> , см
1	1	0,76
1	0	0,38
2	0	0,14
2	1	0,14
0	1	0,13

При расчете критического МПР для всех пар мод для ванны С160 максимальное критическое МПР оказалось равно 2,32 см, этому МПР соответствует пара мод (1,1)-(2,0). Мода (1,1) имеет самую большую амплитуду колебаний (табл. 2), следующие по величине амплитуды идут моды (1,0) и (2,0). У моды (1,0) амплитуда больше чем у моды (2,0), но моде (1,0) соответствует слишком маленькое значение критического МПР. В качестве ведущей пары была взята пара мод (1,1)-(2,0), соответствующая критическому МПР, равному 2,32 см.

Таким образом, для выбора ведущей пары мод:

- 1) задаем условие $kh \ll 1$. Это условие накладывает ограничение на набор рассматриваемых нами мод;

- 2) среди них выбираем те моды, которые при использовании критерия дают наибольшее критическое МПР, но это не означает, что именно они являются ведущими при развитии поверхности раздела;
- 3) по пространственной модели рассчитываем динамику поверхности раздела и вычисляем амплитуды тех мод, которые входят в ее уравнение;
- 4) среди пар мод с максимальным критическим МПР в качестве ведущей берем ту пару, моды которой вносят наибольший вклад в амплитуду динамической поверхности.

Результаты расчетов критического МПР

С помощью программы «Виртуальный электролизер» были проведены расчеты параметров ванны С160. Результаты расчета критического МПР для электролизера №705 представлены в табл. 3:

Таблица 3

Результаты расчета критического МПР для электролизера №705

Наименование	Ед. изм.	Величины
Сила тока (измерен.)	кА	168,8
Уровень металла (измерен.)	см	25
Уровень электролита (измерен.)	см	20
К.О. (измерен.)		2,59
Содержание CaF ₂ (измерен.)	%	6,38
Температура электролита (измерен.)	°С	966
Приведенное напряжение непосредственно перед снижением (измерен.)	В	4,4
Критическое напряжение (измерен.)	В	3,65
Оценка МПР для напр. 3.65 В (измерен.)	см	4,9
Запас МГД-устойчивости	В	0,750
Критическое МПР, рассчитанное по критерию устойчивости	см	4,4

Жирным шрифтом в таблице выделено значение критического МПР, полученное с помощью разработанного критерия устойчивости, значение соответствует оценке МПР для напряжения 3,65 В. Полученные значения МПР подтверждают адекватность работы критерия для ванны С160.

Таким образом, разработан критерий устойчивости, удовлетворяющий требованиям АСУТП электролиза и позволяющий учитывать конфигурацию магнитного поля, длину настыли, состав электролита и другие технологические параметры. Предложена методика включения полученного критерия устойчивости в алгоритмы АСУТП и разработан блок оценки МГД-стабильности для программы «Виртуальный электролизер».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yurkov V.V. Virtual aluminum reduction cell. / V.V. Yurkov, V.Ch. Mann, T.V. Piskazhova, K.F. Nikandrov. - Light Metals, 2001. - P.1259.
2. Никандров К.Ф. Учебно-консультационная программа «Виртуальный электролизер», свидетельство о государственной регистрации №2003610551, правообладатель ООО «Инженерно-технологический центр» / К.Ф. Никандров, Т.В. Пискажова, В.В. Синельников, В.Х. Манн.
3. Bojarevics V. Long waves instability of liquid metal-electrolyte interface in aluminium electrolysis cells: a generalization of Sele's criterion. / V. Bojarevics, M.V. Romerio. - Eur. J. Mech. B/Fluids, 1994. - Vol.13. №1. P.33-56.
4. Проворова О.Г. Моделирование распределения электрического, магнитного и гидродинамического полей в электролизере Содерберга. Препринт № 7-96 / О.Г. Проворова, В.В. Пингин, В.В. Овчинников, Т.В. Пискажева, Д.А. Горин, В.Ю. Бузунов. - Краснояр. гос. ун-т. - Красноярск, 1996. - 22 с.
5. Проворова О.Г. Влияние настыли на распределение магнитного поля в алюминиевом электролизере / О.Г. Проворова, И.Н. Коростелев. - Вестник КрасГУ. Красноярск, 2004.

DEVELOPMENT OF STRATEGY OF USE THE BOJAREVICS-ROMERIO CRITERION OF STABILITY IN ALGORITHMS OF ASCTP OF ELECTROLYSIS ALUMINUM

**I.N. Korostelev, T.V. Piskazhova,
O.G. Provorova, V.V. Sinelnikov**

It is researched long wave instability of surface a metal-electrolyte in aluminum reduction cell. Block of estimation MHD-stabilities is described for program «Virtual aluminum reduction cell». It is presented designed criterion of stability and strategy of cut-in its in algorithms of ASCTP of electrolysis. It is described strategy of account of influence of magnetic field and ledge on stability aluminum reduction cell. It is organized calculation of dynamic surface a metal-electrolyte.