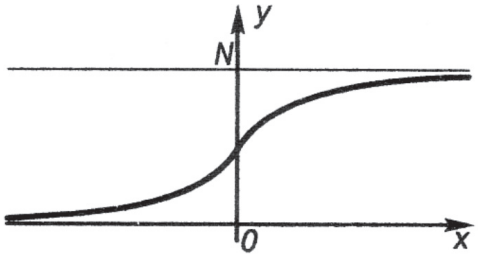

Рис. 3. Логистическая кривая при g = 2

Список литературы

1. Кутимская М.А., Бузунова М.Ю. Роль синергетики в системе образования в аграрном вузе / Система образования в аграрном вузе: проблемы и тенденции: материалы МНПК. – Иркутск: ИрГСХА, 2008. – С. 246–251.

2. Кутимская М.А., Волянюк Е.Н. Бионоосфера: учеб. пособие. – Иркутск: Иркут. ун-т., 2005. – 212 с.

3. Солодова Е.А. Концепция модернизации высшего образования России на основе синергетического моделирования / Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М.: Прогресс-Традиция, 2007. – С. 418–432.

4. Расина И.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Учеб.-метод. пособие. – Иркутск: СИПЭУ, 2006. – 160 с.

5. Пугачёва Е.Г., Соловьяненко К.Н. Самоорганизация социально-экономических систем: учеб. пособие. – Иркутск: БГУПЭ, 2003. – 172 с.

О КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ С СУММИРУЕМЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ С ГЛАДКОЙ ВЕСОВОЙ ФУНКЦИЕЙ

Митрохин С.И.
НИВЦ МГУ им. Ломоносова
e-mail: mitrokhin-sergey@yandex.ru

Рассмотрим следующую краевую задачу:

$$y^{(n)}(x) + q(x)\cdot y(x) = \lambda\cdot a^n\cdot \rho^n(x)\cdot y(x),\quad 0\le x\le \pi,\quad a>0,\quad \rho(x)>0, \tag{1}$$

с граничными условиями

$$y(0) = y'(0) = \ldots = y^{(n-2)}(0) = y(\pi) = 0, \tag{2}$$

где потенциал $q(x)$ – суммируемая функция, удовлетворяющая условию

$$\left(\int_0^x q(t)dt\right)'_x = q(x) \text{ почти всюду на отрезке } [0;\pi] \tag{3}$$

В уравнении (1) число λ – спектральный параметр, функция $\rho(x)$ называется ***весовой функцией***, функция $q(x)$ называется потенциалом, число n – порядок дифференциального оператора (1)-(2), $n = 2, 3, 4, \ldots$

Мы будем предполагать, что весовая функция $\rho(x)$ является достаточно гладкой: $\rho(x)\in C^{n+1}[0;\pi]$.

Автором разработан метод нахождения асимптотики собственных значений и асимптотики собственных функций краевых задач типа (1)-(2) при условии выполнения (3). Для случая $n = 2$, $\rho(x) = 1$ другой метод был продемонстрирован в фундаментальной работе [1].

Кроме дифференциального уравнения (1), рассмотрим также вспомогательное дифференциальное уравнение

$$y^{(n)}(x) = \lambda\cdot a^n\cdot \rho^n(x)\cdot y(x),\quad 0\le x\le \pi,\quad a>0,\quad \rho(x)>0. \tag{4}$$

Для изучения асимптотики собственных значений и асимптотики собственных функций краевых задач, связанных с дифференциальным уравнением (1), необходимо знать асимптотику решений дифференциальных уравнений (1) и (4).

Пусть $\lambda = s^n$, $s = \sqrt[n]{\lambda}$ – некоторая фиксированная ветвь корня, выбранная условием $\sqrt[n]{1} = +1$. Пусть ω_k – корни n-й степени из единицы, то есть $\omega_k^n = 1$, $\omega_k = \sqrt[n]{1} = e^{\frac{2\pi i(k-1)}{n}}$, $n = 2, 3, 4, \ldots$;

$k = 1, 2, ..., n - 1, n$. Эти числа удовлетворяют следующим свойствам: $\sum_{k=1}^{n} \omega_k^m = 0$, $m = 1, 2, 3, ..., n - 1$.

Теорема 1. Решение дифференциального уравнения (1) является решением следующего интегрального уравнения Вольтерра:

$$y(x,s) = \sum_{k=1}^{n} C_k \cdot y_k(x,s) - \frac{1}{\Delta_0(s)} \cdot \sum_{k=1}^{n} y_k(x,s) \cdot \int_0^x q(t) \cdot \delta_{nk}(t,s) \cdot dt, \tag{5}$$

где $y_k(x, s)$ ($k = 1, 2, ..., n$) – фундаментальная система решений вспомогательного дифференциального уравнения (4), $\Delta_0(s)$ – определитель Вронского этих решений:

$$\Delta_0(s) = \det Wr(y_1(x,s), y_2(x,s),..., y_n(x,s)),$$

при этом несложно доказать, что $\Delta_0(s)$ не зависит от x, $C_k (k = 1, 2,..., n)$ – произвольные постоянные.

Из формулы (5) методом последовательных приближений Пикара можно вывести асимптотику решений дифференциального уравнения (1). Для дифференциального оператора второго порядка это было сделано автором в работе [2].

При этом из теоремы 1 видно, что для нахождения асимптотики решений дифференциального уравнения (1) необходимо знать асимптотику решений $\{y_k(x, s),\ k = 1,2,..., n\}$ вспомогательного дифференциального уравнения (4) при больших значениях спектрального параметра λ (то есть асимптотику при $|s| \to +\infty$).

Теорема 2. Общее решение вспомогательного дифференциального уравнения (4) имеет следующий вид:

$$y(x,s) = \sum_{k=1}^{n} C_k \cdot y_k(x,s), \qquad y^{(m)}(x,s) = \sum_{k=1}^{n} C_k \cdot y_k^{(m)}(x,s), \qquad m = 1, 2, 3, ..., n - 1, \tag{6}$$

где $C_k (k = 1, 2,..., n)$ – произвольные постоянные, $y_k(x, s)$ – линейно независимые решения дифференциального уравнения (4), причём при $|s| \to +\infty$ справедливы следующие асимптотические разложения:

$$y_k(x,s) = \rho^{\frac{1-n}{2}}(x) \cdot e^{a\omega_k s \cdot \int_0^x \rho(t)\,dt} \cdot \left[1 + \frac{A_{1kn}(x)}{s} + \frac{A_{2kn}(x)}{s^2} + ...\right], \quad k = 1, 2, ..., n. \tag{7}$$

Идею разложения вида (7) мы нашли в монографии М.В. Федорюка [3].

Введём следующие обозначения:

$$M(x) = \int_0^x \rho(t)dt, \quad M'(x) = \rho(x), \quad B(x) = e^{a\omega_k s \cdot M(x)}, \quad B'(x) = B(x) \cdot (a\omega_k s) \cdot \rho(x),$$

$$D_n(x) = \left[1 + \frac{A_{1kn}(x)}{s} + \frac{A_{2kn}(x)}{s^2} + ...\right], \quad D_n^{(m)}(x) = \left[\frac{A_{1kn}^{(m)}(x)}{s} + \frac{A_{2kn}^{(m)}(x)}{s^2} + ...\right], \quad m = 1, 2, 3, ... \tag{8}$$

Через «+…» в формулах (7) и (8) обозначены следующие выражения:

$$+... = \left[\frac{A_{3kn}(x)}{s} + ... + \frac{A_{nkn}(x)}{s^2} + O\left(\frac{1}{s^{n+1}}\right)\right], \text{ если } \quad \rho(x) \in C^{n+1}[0;\pi],$$

$$+... = \sum_{p=3}^{\infty} \frac{A_{pkn}(x)}{s^p}, \quad \text{если} \quad \rho(x) \in C^{\infty}[0;\pi]$$

Условие $\rho(x)\in C^{n+1}[0;\pi]$ позволяет асимптотические разложения вида (7) дифференцировать почленно n раз (n = 2, 3, …). При этом мы получим:

$$y_k^{(m)}(x,s)\cdot\big(B(x)\big)^{-1}=D_n(x)\cdot\Phi_{0n}(x,s)+\sum_{p=1}^{n}D_n^{(m)}(x)\cdot\Phi_{pn}(x,s),\qquad m=1,2,3,...,n, \tag{9}$$

$$\Phi_{0n}(x,s)=C_m^0\cdot(a\omega_k s)^m\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+1)-n}{2}}+B_{0n,m}\cdot(a\omega_k s)^{m-1}\cdot\big(\rho(x)\big)^{\frac{(2m-3)-n}{2}}\cdot\rho'(x)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-2}\cdot[(\rho(x))^{\frac{(2m-7)-n}{2}}\cdot B_{1n,m}\cdot(\rho'(x))^2+B_{2n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m-5)-n}{2}}\cdot\rho''(x)]+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-3}\cdot\sum_{j=1}^{3}\left(B_{j+2,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-13)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{3-j}\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-4}\cdot\sum_{j=1}^{4}\left(B_{j+5,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-17)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{4-j}\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-4}\cdot\sum_{j=1}^{4}\left(B_{j+5,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-17)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{4-j}\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-4}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m-11)-n}{2}}\cdot B_{10n,m}\cdot(\rho''(x))^2+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-5}\cdot[(\rho(x))^{\frac{(2m-15)-n}{2}}\cdot B_{16n,m}\cdot(\rho''(x))^2\cdot\rho'(x)+B_{17n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m-13)-n}{2}}\cdot\rho''(x)\cdot\rho^{(3)}(x)]+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-5}\cdot\sum_{j=1}^{5}\left(B_{j+10,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-21)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{5-j}\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-6}\cdot\sum_{j=1}^{6}\left(B_{j+17,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-25)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{6-j}\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-6}\cdot\sum_{j=0}^{2}\left(B_{j+24,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-19)-n}{2}}\cdot\rho''(x)\cdot(\rho'(x))^{2-j}\cdot(\rho''(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-6}\cdot\sum_{j=0}^{1}\left(B_{j+27,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-17)-n}{2}}\cdot(\rho^{(3)}(x))^{j}\cdot(\rho''(x))^{2-2j}\cdot(\rho'(x))^{(j+1)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-7}\cdot\sum_{j=1}^{7}\left(B_{j+28,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-29)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{7-j}\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-7}\cdot\sum_{j=1}^{3}\left(B_{j+35,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-25)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{3-j}\cdot(\rho''(x))^2\cdot(\rho(x))^{(j)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-7}\cdot\sum_{j=1}^{3}\left(B_{j+38,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-23)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{3-j}\cdot\rho''(x)\cdot(\rho^{(3)}(x))^{(j-1)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-7}\cdot\sum_{j=1}^{2}\left(B_{j+41,n,m}\cdot(\rho(x))^{\frac{(2m+2j-21)-n}{2}}\cdot(\rho'(x))^{2-j}\cdot\rho^{(3)}(x)\cdot(\rho^{(3)}(x))^{(j-1)}\right)+$$

$$+(a\omega_k s)^{m-8}\cdot\Psi_{m-8}(x),\quad C_m^k=\frac{m!}{k!\cdot(m-k)!},\ m,k\in\{0,1,2,3,...\}. \tag{10}$$

При этом в формуле (10) $\Psi_{m-8}(x)$ – некоторая функция, причём если у сомножителя $(a\omega_k s)^{m-p}$ (p = 1, 2, 3, ...) степень $m-p$ становится меньше нуля, то это слагаемое обнуляется.

Приведём ещё пару формул для $\Phi_{pn}(x,s)$ в равенстве (9):

$$\Phi_{1n}(x,s) = C_m^1 \cdot (a\omega_k s)^{m-1} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-1)-n}{2}} + D_{1n,m} \cdot (a\omega_k s)^{m-2} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-5)-n}{2}} \cdot \rho'(x) +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-3} \cdot [(\rho(x))^{\frac{(2m-9)-n}{2}} \cdot D_{2n,m} \cdot (\rho'(x))^2 + D_{3n,m} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-7)-n}{2}} \cdot \rho''(x)] +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-4} \cdot \sum_{j=1}^{3} \left(D_{j+3,n,m} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m+2j-15)-n}{2}} \cdot (\rho'(x))^{3-j} \cdot (\rho(x))^{(j)} \right) +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-5} \cdot \sum_{j=1}^{4} \left(D_{j+6,n,m} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m+2j-19)-n}{2}} \cdot (\rho'(x))^{4-j} \cdot (\rho(x))^{(j)} \right) +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-5} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-13)-n}{2}} \cdot D_{11n,m} \cdot (\rho''(x))^2 + (a\omega_k s)^{m-6} \cdot Z_{m-6}(x), \tag{11}$$

$$\Phi_{2n}(x,s) = C_m^2 \cdot (a\omega_k s)^{m-2} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-3)-n}{2}} + E_{1n,m} \cdot (a\omega_k s)^{m-3} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-7)-n}{2}} \cdot \rho'(x) +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-4} \cdot [(\rho(x))^{\frac{(2m-11)-n}{2}} \cdot E_{2n,m} \cdot (\rho'(x))^2 + E_{3n,m} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-9)-n}{2}} \cdot \rho''(x)] +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-5} \cdot \sum_{j=1}^{3} \left(E_{j+3,n,m} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m+2j-17)-n}{2}} \cdot (\rho'(x))^{3-j} \cdot (\rho(x))^{(j)} \right) +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-6} \cdot \sum_{j=1}^{4} \left(E_{j+6,n,m} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m+2j-21)-n}{2}} \cdot (\rho'(x))^{4-j} \cdot (\rho(x))^{(j)} \right) +$$

$$+(a\omega_k s)^{m-6} \cdot (\rho(x))^{\frac{(2m-15)-n}{2}} \cdot E_{9n,m} \cdot (\rho''(x))^2 + (a\omega_k s)^{m-7} \cdot Y_{m-6}(x), \ldots \tag{12}$$

При этом на коэффициенты $B_{pn,m}$, $D_{pn,m}$, $E_{pn,m}$, (p = 1, 2, 3, ...) из формул (10)-(12) нами впервые получены реккурентные соотношения, из которых методом математической индукции можно вывести формулы для этих коэффициентов в явном виде и тем самым получить асимптотические формулы для решений вспомогательного дифференциального уравнения (4) (и дифференциального уравнения (1) тоже), а также асимптотические формулы для собственных значений краевой задачи (1)-(2). Например:

$$B_{0n,1} = \frac{1-n}{2},\ B_{0n,m} = B_{0n,m-1} + \frac{(2m-1)-n}{2},\ m = 2,3,4,\ldots,\ B_{1n,1} = 0,\ B_{1n,2} = \frac{1-n}{2} \cdot \frac{-1-n}{2},$$

$$B_{1n,m} = B_{1n,m-1} + B_{0n,m-1} \cdot \frac{(2m-5)-n}{2},\ m = 3,4,5,\ldots;\ B_{1n,m} = \frac{C_m^2}{4} \cdot \left[\left(n-(m-2)\right)^2 + (m-3) \right],$$

$$B_{2n,m} = B_{2n,m-1} + B_{0n,m-1}, \quad m = 3,4,5,...; \; B_{2n,m} = \frac{C_m^2}{6} \cdot \left[(2m-1)) - 3n \right], \; m = 2,3,4,...; \; B_{2n,1} = 0,$$

$$B_{3n,m} = B_{3n,m-1} + B_{1n,m-1} \cdot \frac{(2m-9)-n}{2}; \; B_{3n,m} = \frac{C_m^3}{8} \cdot \left[(m-4)) - n \right] \cdot \left[\left(n - (m-4)^2 + (3m-13) \right) \right];$$

$$B_{3n,1} = B_{3n,2} = 0; \; B_{4n,m} = B_{4n,m-1} + 2 \cdot B_{1n,m-1} + B_{2n,m-1} \cdot \frac{(2m-7)-n}{2}; \quad m = 3,4,5,...; \; B_{4n,1} = B_{4n,2} = 0;$$

$$B_{4n,m} = \frac{C_m^3}{4} \cdot \left[3n^2 - 5 \cdot (m-3) \cdot n + \left(2m^2 - 9m + 6 \right) \right], \; D_{1n,1} = 0, \; D_{1n,2} = 2 \cdot \frac{1-n}{2},$$

$$D_{1n,m} = D_{1n,m-1} + B_{0n,m-1} + (m-1) \cdot \frac{(2m-3)-n}{2}; \; m = 3,4,5,...; \; D_{1n,m} = C_m^2 \cdot \left[(m-1) - n \right]; \; D_{2n,2} = 0,$$

$$D_{2n,m} = D_{2n,m-1} + B_{1n,m-1} + D_{1n,m-1} \cdot \frac{(2m-5)-n}{2}; \qquad D_{2n,m} = m \cdot \frac{C_{m-1}^2}{4} \cdot \left[\left(n - (m-3) \right)^2 + (m-4) \right],$$

$$m = 3, 4, 5, ...; \quad D_{3n,m} = ... \tag{13}$$

Если мы подставим формулы (9)-(13) при $n = 2$ (или при $n = 3$) в дифференциальное уравнение (1) (при $n = 2$, или при $n = 3$), приведём подобные слагаемые и приравняем коэффициенты при одинаковых степенях s (этот метод называется методом последовательных приближений Хорна), то найдём в явном виде коэффициенты $A_{1k2}(x)$, $A_{2k2}(x)$,... (или $A_{1k3}(x)$, $A_{2k3}(x)$,...). Это не было сделано ни в монографии [3], ни в других работах.

Впервые это было сделано автором в §3 главы 5 монографии [4].

Приведём явные формулы, полученные нами.

Введём необходимые нам обозначения:

$$\phi_{1n}(x) = \left[\frac{\rho''(x)}{\rho^2(x)} - \frac{3}{2} \cdot \frac{(\rho'(x))^2}{\rho^3(x)} \right] \cdot G_{3n},$$

$$\phi_{2n}(x) = \left[\frac{\rho^{(3)}(x)}{2\rho^3(x)} + \frac{3(\rho'(x))^3}{\rho^5(x)} - \frac{3\rho'(x) \cdot \rho''(x)}{\rho^4(x)} \right] \cdot G_{3n} \cdot (n-2). \tag{14}$$

Из формул (9)-(13) получаем:

$$A_{1k2}(x) = -\frac{1}{2a\omega_k} \cdot \int_0^x \phi_{12}(t)dt, \; G_{32} = -\frac{1}{2}, \; \omega_k^2 = 1, \; \omega_1 = 1, \; \omega_2 = -1,$$

$$A_{2k2}(x) = -\frac{1}{4a^2} \cdot \left[\frac{\phi_{12}(x)}{\rho(x)} - \frac{\phi_{12}(0)}{\rho(0)} + \left(\int_0^x \phi_{12}(t)dt \right)^2 \right],... \tag{15}$$

$$A_{1k3}(x) = -\frac{1}{3a\omega_k} \cdot \int_0^x \phi_{13}(t)dt, \; G_{33} = -2, \; \omega_k^3 = 1, \; \omega_1 = 1, \; \omega_2 = \frac{-1+\sqrt{3}i}{2}, \; \omega_3 = \frac{-1-\sqrt{3}i}{2},$$

$$A_{2k3}(x) = \frac{1}{3a^{22}\omega_k} \cdot \left[\frac{\phi_{13}(x)}{\rho(x)} - \frac{\phi_{13}(0)}{\rho(0)} + \frac{1}{6} \cdot \left(\int_0^x \phi_{13}(t)dt \right)^2 - \int_0^x \phi_{23}(t)dt \right],... \tag{16}$$

$$A_{1k4}(x) = -\frac{1}{4a\omega_k} \cdot \int_0^x \phi_{14}(t)dt, G_{34} = -5,\ \omega_k^4 = 1,\ \omega_1 = 1,\ \omega_2 = i,\ \omega_3 = -1,\ \omega_4 = -1,$$

$$A_{2k4}(x) = \frac{1}{4a^{22}\omega_k} \cdot \left[\frac{\phi_{14}(x)}{\rho(x)} - \frac{\phi_{14}(0)}{\rho(0)} + \frac{1}{8} \cdot \left(\int_0^x \phi_{14}(t)dt \right)^2 - \int_0^x \phi_{24}(t)dt \right], \ldots \quad (17)$$

Список литературы

1. Винокуров В.А., Садовничий В. А. Асимптотика любого порядка собственных значений и собственных функций краевой задачи Штурма-Лиувилля на отрезке с суммируемым потенциалом // Известия РАН. Серия: матем. – 2000. – Т. 64, №4. – С. 47–108.

2. Митрохин С.И. О спектральных свойствах дифференциального оператора с суммируемым потенциалом и гладкой весовой функцией. – Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2008. – №8/1(67). – С. 172–187.

3. Федорюк М.В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1983. – 352 с.

4. Митрохин С.И. Спектральная теория операторов: гладкие, разрывные, суммируемые коэффициенты. – М.: ИНТУИТ, 2009. – 364 с.

Химические науки

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА ПРИ АНОДИРОВАНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Коленчин Н.Ф.

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень

В процессе эксплуатации трущихся деталей значительную роль играют свойства поверхности. Повысить износостойкость можно в результате увеличения твердости контактирующих слоев. Одним из активно применяемых промышленных способов формирования износостойких покрытий является толстослойное анодирование алюминия и его сплавов. Его сущность заключается в электрохимическом наращивании оксида алюминия за счет поверхностного слоя металла, погруженного в электролит, основу которого составляют серная, щавелевая или сульфосалициловая кислота. Основными технологическими параметрами являются: состав электролита, электрический режим процесса и температура.

С целью интенсификации формирования оксидного покрытия в зону реакции вводят кислород, перекись водорода и другие окислители. Перспективным в этом плане может оказаться применение озона.

Озон известен как сильный универсальный окислитель [1], редокс – потенциал которого (2,07 В) по величине уступает только фтору (2,87 В). Он окисляет серебро, золото, платину, причем известно получение иона Ag^{3+} [2]. Озониды щелочных металлов типа KO_3, NaO_3 являются сильнейшими окислителями, т.к. содержат большое количество активного кислорода в виде аниона O_3^-. Отмеченная активность озона обусловлена появлением в ходе взаимодействия так называемого синглетного кислорода $^1O_2$ в электронно-возбужденном состоянии и других активных радикалов.

Однако использование озона при анодировании алюминия и его сплавов затруднено из-за его малой растворимости в водных электролитах, разложения при столкновении с поверхностью и возможности взрыва при концентрации озона в газовой смеси выше 20 %.

В работе исследовали влияние озона на процесс анодирования в водном растворе серной кислоты на специально созданной установке. Эксперименты провели с образцами литейного алюминиевого сплава АЛ9 размерами 30×30×5 мм. Температуру поддерживали на уровне (0 ± 1) °С, содержание озона в воздушной смеси – 1, 3 и 5 %, концентрация серной кислоты – от 2,5 до 20 мас.%.

От известных исследуемая технология отличается тем, что в окислительную зону подается раствор метастабильной озоно-воздушной смеси, которая весьма реакционноспособна. При этом она находится под действием электрического поля.