

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ОСАДКОВ НА МАКРОУРОВНЕ

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD 2028, Республика Молдова*

Исследование технологических характеристик процесса формирования электрохимических композиций и повышение их достоверности по показателям режимов электролиза и осадка имеют важное теоретическое и практическое значение. Однако сложность и многообразие факторов, влияющих на процесс формирования электрохимической композиции, обуславливают необходимость практического исследования взаимосвязи между параметрами электрохимической системы и осадком. Проблема исследования электрохимической композиции усложняется и тем, что значения большинства параметров электрохимической системы на электродах рассредоточены. Отметим, что к рассредоточенным параметрам (РП) относятся показатели, у которых возникают производные, по крайней мере, по одной из координат, а возможно, и по всем трем.

Одно из направлений исследования многогранности процесса формирования электрохимических композиций основывается на оценке взаимосвязи между РП на различных уровнях (макро-, микро- и др.) [1–3]. К особенностям этого направления [1–3] можно отнести практичность осуществления его методов, перспектива их развития, общность с методами аналогичных направлений других областей знания и возможность разработки некоторых показателей оценки свойств электрохимических объектов.

На макроуровне методы исследования данного направления основываются на принципе сравнения значений относительных отклонений t_i и δ_j , одного РП с соответствующими величинами других РП или на определении долей геометрических размеров участков электрода с определенными отношениями между относительными отклонениями [1].

Относительное отклонение t_i представляет собой разницу между статистической единицей x_i

и средней величиной \bar{x} , выраженной средним квадратичным отклонением $s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2}{n-1}}$ статистической совокупности РП X , составленной из n единиц, или

$$t_i(X) = \frac{x_i - \bar{x}}{s_x}. \quad (1)$$

Относительное отклонение δ_j представляет разницу между отклонениями статистической единицы x_i от рядом стоящей (смежной) x_{i+1} ($h_j = x_i - x_{i+1}$) и средней величиной таких отклонений $\bar{h} = \frac{\sum_{j=1}^m [x_i - x_{i+1}]}{m} = \frac{\sum_{j=1}^m h_j}{m}$ в совокупности X , выраженное от средней квадратичной величины рядом стоящих (смежных) отклонений $\varepsilon_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m [x_i - x_{i+1}]^2}{m}}$ в совокупности РП X , составленной из $m = n - 1$ рядом стоящих (смежных) отклонений, или

$$\delta_j = \frac{(h_j - \bar{h})}{\varepsilon_x}. \quad (2)$$

При исследовании процесса формирования электрохимических композиционных материалов (ЭКМ) относительные отклонения t_i и δ_j позволяют сравнивать значения РП с различными единицами измерения по принципам:

- 1) значений относительных отклонений;
- 2) совпадений знаков относительных отклонений;
- 3) оценки долей геометрического параметра электрода, характеризующейся определенными отношениями между относительными отклонениями РП.

Предпосылки к разработке методов исследования РП на макроуровне. Вначале целесообразно провести теоретический анализ ранее разработанных методов исследования процесса формирования ЭКМ, основанных на оценке связи между РП.

Для определенных исследованных факторов, влияющих на процесс формирования ЭКМ, разработаны методы, выраженные в показателях связи A_B , B_B , C_B и D_B (см. работу [1]). Каждый из приведенных методов имеет свои частные особенности для описания процесса формирования электрохимической композиции. Например, показатель A_B принимает значения в пределах ± 1 и позволяет сравнивать абсолютные значения однозначных относительных отклонений t одного параметра с соответствующими величинами других параметров. Его численное значение и знак указывают на превосходство относительных отклонений t одного параметра (X_1) над соответствующими значениями и одного знака других РП ($X_{2,...k}$). Отрицательные значения показателя A_B указывают на численное превосходство относительных отклонений t других РП ($X_{2,...k}$) одного знака и с противоположными знаками над соответствующими значениями первого параметра (X_1).

На значение показателя A_B существенное влияние может оказать доля отношений между относительными отклонениями с противоположными знаками $[t_i(X_1)/t_i(X_{2,...k})]$, что при определенных условиях теоретического анализа рассматриваемого процесса может привести к неявному описанию некоторых зависимостей между факторами.

Метод исследования электрохимических композиций, основанный на принципе определения доли геометрического размера электрода с абсолютными значениями относительных отклонений t_i одного РП (X_1), большими, чем соответствующие величины других РП ($X_{2,...k}$), представлен в показателе B_B , который принимает значения в пределах 0–1 (0–100%). Его значения указывают на степень взаимосвязи между РП, основанной на отношении между абсолютными значениями относительных отклонений t_i на электроде.

Метод исследования электрохимических композиций, выраженный показателем C_B , основан на принципе сравнения относительных отклонений δ_j между РП процесса электролиза. Показатель C_B принимает значения в пределах ± 1 , а его положительный знак указывает на численное превосходство отклонений δ_j первого параметра (X_1) над соответствующими значениями одного знака других РП ($X_{2,...k}$). Отрицательные значения показателя C_B указывают на численное превосходство относительных отклонений δ других РП ($X_{2,...k}$) одного знака и отклонений δ_j с противоположным знаком над соответствующими значениями первого параметра (X_1).

На значение показателя C_B существенное влияние может оказать, как и для показателя A_B , доля отношений между относительными отклонениями $\delta_i(X_1)/t_i(X_{2,...k})$ с противоположными знаками, что при определенных условиях теоретического анализа рассматриваемого процесса может привести к неявному описанию некоторых зависимостей между факторами.

Метод исследования электрохимических композиций, основанный на принципе определения долей электрода с абсолютными значениями относительных отклонений δ_j одного РП (X_1), большими, чем соответствующие величины других РП (X_2, X_3, \dots, X_k), выражен в показателе D_B . Последний принимает значения в пределах 0–1 (0–100%).

Таким образом, несмотря на достоинства разработанных методов A_B, B_B, C_B, D_B , ими нельзя описать многообразие взаимосвязей между факторами процесса формирования электрохимической композиции. В связи с этим возникает необходимость в расширении возможностей исследования взаимосвязей РП электрохимических процессов на макроуровне.

Методы-аналоги для исследования РП на макроуровне. Метод исследования электрохимических композиций A'_B , основанный на принципе сравнения относительных отклонений t значений РП и являющийся аналогом метода A_B , представлен выражением

$$A'_B[X_1(X_2..X_k)] = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\left| \frac{t_i(X_1)}{t_i(X_2)} \right| - 1 \right) + \left(\left| \frac{t_i(X_1)}{t_i(X_3)} \right| - 1 \right) + \dots + \left(\left| \frac{t_i(X_1)}{t_i(X_k)} \right| - 1 \right) \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\left| \frac{t_i(X_1)}{t_i(X_2)} \right| - 1 \right] + \left| \frac{t_i(X_1)}{t_i(X_3)} \right| - 1 \right] + \dots + \left| \frac{t_i(X_1)}{t_i(X_k)} \right| - 1 \right]}, \quad (3)$$

где k – число параметров в статистическом комплексе A'_B ; $t_i(X_{1,2..k})$ – относительные отклонения в статистических совокупностях РП $X_{1,2..k}$.

Анализ выражения (3) показывает, что оценка взаимосвязи между РП процесса формирования электрохимической композиции осуществляется на основе сравнения абсолютных значений их относительных отклонений t .

Показатель A'_B принимает значения в пределах ± 1 , а его положительный знак указывает на численное превосходство абсолютных значений рассматриваемых относительных отклонений t первого параметра (X_1) над соответствующими значениями других параметров ($X_{2..k}$). Отрицательные значения показателя A'_B указывают на численное превосходство относительных отклонений t других РП ($X_{2..k}$) над соответствующими значениями первого параметра (X_1).

Сравним свойства показателей A_B и A'_B на основе статистических комплексов, составленных из РП режима электролиза, с направленными распределениями значений на катоде. Отметим, что к направленным распределениям значений РП относятся те значения, которые возрастают или убывают. Исходные данные относительных отклонений для РП с направленными распределениями, полученные экспериментально в угловой ячейке Хулла для оценки рассеивающей способности электролита процесса электролиза 0,5 н. азотнокислого свинца [1], приведены в табл. 1. Причем значения относительных отклонений t для РП режима электролиза имеют на катоде направленное распределение. Однако относительные отклонения δ направленность распределения имеют лишь для РП количества металла.

Таблица 1. Значения относительных отклонений t_i и δ_j для рассредоточенных на катоде параметров электролиза 0,5 н. азотнокислого свинца

Параметры электролиза	Индексы	Значения относительных отклонений статистических единиц				
		1	2	3	4	5
Статистические единицы	n	1,743	0,288	-0,192	-0,662	-1,185
Плотность первичного распределения катодного тока, $D_k(1)$	t_i	1,743	0,288	-0,192	-0,662	-1,185
	δ_j	-	0,857	-0,300	-0,310	-0,248
Падение напряжения на сопротивлениях (отражающих вторичное распределение плотности тока), $D_k(2)$	t_i	1,601	0,093	-0,027	-0,696	-0,970
	δ_j		1,032	-0,623	0,031	-0,439
Распределение количества металла, $M(3)$ на катоде	t_i	1,550	0,243	-0,358	-0,716	-0,942
	δ_j	-	0,929	-0,026	-0,355	-0,532

Значения показателей A_B и A'_B были рассчитаны для статистических комплексов:

– первичное распределение плотности тока – соответственно вторичное распределение для прямого $D_k(1)/D_k(2)$ и обратного $D_k(2)/D_k(1)$ соотношений;

– первичное распределение плотности тока – распределение количества металла для прямого $D_k(1)/M(3)$ и обратного $M(3)/D_k(1)$ соотношений;

– вторичное распределение плотности тока – распределение количества металла, для прямого $D_k(2)/M(3)$ и обратного $M(3)/D_k(2)$ соотношений;

– первичное распределение плотности тока – вторичное распределение тока и количество металла $D_k(1)/[D_k(2), M(3)]$;

– вторичное распределение тока – первичное распределение тока и количество металла $D_k(2)/[D_k(1), M(3)]$.

Результаты расчетов показателей A_B и A'_B , представленные в табл. 2, показывают, что в большинстве случаев эти значения совпадают между собой в связи с направленностью распределения значений относительных отклонений t РП процесса электролиза.

Однако для некоторых прямых и обратных соотношений между параметрами режима электролиза значения показателей A_B и A'_B отличаются (в табл. 2 подчеркнuto). Это связано с тем, что на значения показателей A_B и A'_B оказывают влияние величины относительных отклонений t и доля отношений $t_i(X_1)/t_i(X_{2...k})$ с противоположными знаками. В связи с этим можно заключить, что для направленных распределений относительных отклонений t РП значения показателей A_B и A'_B идентичны, а разница между прямыми и обратными соотношениями признаков отражает влияние их численных значений.

Таблица 2. Значения показателей связи A_B и A'_B для рассредоточенных на катоде параметров процесса электролиза 0,5 н. азотнокислого свинца

Показатели	$D_k(1)/D_k(2)$	$D_k(2)/D_k(1)$	$D_k(1)/M(3)$	$M(3)/D_k(1)$	$D_k(2)/M(3)$	$M(3)/D_k(2)$	$D_k(1)/[D_k(2), M(3)]$	$D_k(2)/[D_k(1), M(3)]$
A_B	0,989	-0,944	0,026	0,334	-0,923	0,991	<u>0,972</u>	-0,986
A'_B	0,989	-0,944	0,026	0,334	-0,923	0,991	<u>0,878</u>	-0,986

Целесообразно произвести также анализ свойств показателей A_B и A'_B для относительных отклонений t с признаками ненаправленного их распределения, например для оценки взаимосвязи между РП состава осадка электрохимической композиции, сформированного на основе железа, по данным работы [1], табл.3.

Таблица 3. Относительные отклонения t и δ для распределенных на катоде объемов композиционного осадка V_k , металла V_m , ДФ V_p и концентрации ДФ p_V

Стат. ед.	Относительные отклонения t				Относительные отклонения δ			
	$t(V_k)$	$t(V_m)$	$t(V_p)$	$t(p_V)$	$\delta(V_k)$	$\delta(V_m)$	$\delta(V_p)$	$\delta(p_V)$
1	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-
2	1,66	1,60	2,40	2,27	-0,41	-0,34	-0,65	-0,42
3	1,35	1,16	3,67	4,19	0,06	0,12	-0,60	-0,58
4	0,53	0,17	5,05	7,12	0,30	0,36	-0,64	-0,83
5	1,42	1,69	-1,98	-3,13	-0,52	-0,75	2,45	2,46
6	0,35	0,51	-1,71	-2,37	0,42	0,44	-0,23	-0,29
7	-4,39	-4,48	-3,21	-2,50	2,16	2,12	0,42	-0,07
8	-1,39	-1,23	-3,36	-4,39	-1,52	-1,51	-0,08	0,37
9	-0,53	-0,42	-1,87	-2,19	-0,50	-0,43	-0,68	-0,65

Анализ осуществлен для статистических комплексов (см. табл. 4):

– композиционный осадок – металл, для прямого $V_k : V_m$ и обратного $V_m : V_k$ отношений;

– композиционный осадок – дисперсная фаза (ДФ), для прямого $V_k : V_p$ и обратного $V_p : V_k$ отношений;

– композиционный состав – концентрация ДФ, для прямого $V_k : P_V$ и обратного $P_V : V_k$ отношений;

– металл – концентрация ДФ, для прямого $V_m : P_V$ и обратного $P_V : V_m$ отношений.

Судя по значениям показателей A_B , A'_B , между прямыми и обратными отношениями РП имеется более существенная разница (в табл. 4 подчеркнута), чем для РП с направленными значениями относительных отклонений t (см. табл. 2). Эти признаки позволяют сделать заключение, что для ненаправленных значений отклонений t на значения показателя A_B более существенное влияние оказывает доля отношений отклонений $t_i(X_1)/t_i(X_{2...k})$ с противоположными знаками, в то время как влияние на значение показателя A'_B – несущественно.

Таблица 4. Значения показателей связи A_B и A'_B для РП на катоде состава осадка ЭКМ: объемы композиционного осадка V_k , металла V_m , дисперсной фазы V_p и ее концентрации p_V

Показатели	$V_k : V_m$	$V_m : V_k$	$V_k : V_p$	$V_p : V_k$	$V_k : P_V$	$P_V : V_k$	$V_m : P_V$	$P_V : V_m$
A_B	0,692	-0,277	-0,886	<u>0,263</u>	-0,773	<u>0,278</u>	-0,776	<u>0,700</u>
A'_B	0,692	-0,277	-0,840	<u>0,972</u>	-0,723	<u>0,969</u>	-0,715	<u>0,984</u>

Таким образом, метод A'_B позволяет количественно исследовать еще одну сторону процесса формирования ЭКМ путем оценки его РП на макроуровне.

Метод исследования электрохимических композиций B'_B , основанный на принципе оценки доли электрода с определенными отношениями между относительными отклонениями t значений РП и являющийся аналогом метода B_B , представлен выражением

$$B'_B [X_1(X_2..X_k)] = \frac{\sum_{i=1}^p I_{|t_1| > |t_{2...tk}|}^{\pm}}{L} \cdot 100\% , \quad (4)$$

где $I_{|t_1| > |t_{2...tk}|}^{\pm}$ – величина участка i электрода с абсолютными величинами и одним знаком относительных отклонений t параметра X_1 , большими, чем соответствующие величины параметров $X_2, X_3..X_k$; p – количество участков на электроде с абсолютными величинами и одним знаком относительных отклонений t параметра X_1 , большими, чем соответствующие величины параметров $X_2, X_3..X_k$; L – общий геометрический размер электрода.

Анализ выражения (4) показывает, что параметр B'_B принимает значения в пределах 0–1 (0–100%) и указывает на долю геометрического размера электрода с абсолютными значениями и одним знаком относительных отклонений t_i РП (X_1), большими, чем соответствующие величины других РП ($X_{2...k}$).

Метод исследования электрохимических композиций C'_B , основанный на принципе сравнения относительных отклонений δ значений РП и являющийся аналогом метода C_B , представлен выражением

$$C'_B [X_1(X_2..X_k)] = \frac{\sum_{j=1}^m \left[\left(\left| \frac{\delta_j(X_1)}{\delta_j(X_2)} \right| - 1 \right) + \left(\left| \frac{\delta_j(X_1)}{\delta_j(X_3)} \right| - 1 \right) + \dots + \left(\left| \frac{\delta_j(X_1)}{\delta_j(X_k)} \right| - 1 \right) \right]}{\sum_{j=1}^m \left[\left| \frac{\delta_j(X_1)}{\delta_j(X_2)} \right| - 1 + \left| \frac{\delta_j(X_1)}{\delta_j(X_3)} \right| - 1 + \dots + \left| \frac{\delta_j(X_1)}{\delta_j(X_k)} \right| - 1 \right]} , \quad (5)$$

где $\delta_j(X_{1,2...k})$ – относительное отклонение δ_j между статистическими единицами i и x_{i+1} в совокупностях параметров $X_{1,2...k}$; $m = n - 1$ – количество относительных отклонений δ_j в статистических совокупностях параметров $X_{1,2...k}$.

Анализ выражения (5) показывает, что оценка взаимосвязи между РП процесса формирования электрохимической композиции осуществляется на основе сравнения абсолютных значений их относительных отклонений δ_j .

Показатель C'_B принимает значения в пределах ± 1 , а его положительный знак указывает на численное превосходство абсолютных значений рассматриваемых относительных отклонений δ_j первого параметра (X_1) над соответствующими значениями других параметров ($X_{2...k}$). Отрицательные значения показателя C'_B указывают на численное превосходство относительных отклонений δ_j других РП ($X_{2...k}$) над соответствующими значениями первого параметра (X_1).

В связи с этим целесообразно произвести сравнение свойств показателей C_B и C'_B для ранее составленных статистических комплексов РП режима электролиза (см. табл. 1).

Результаты расчетов, представленные в табл. 5, показывают, что в некоторых случаях значения C_B и C'_B существенно не совпадают (подчеркнуто), по-видимому, из-за отсутствия направленности в распределении некоторых относительных отклонений δ_j .

Таблица 5. Значения показателей связи C_B и C'_B для рассредоточенных на катоде параметров процесса электролиза 0,5 н. азотнокислого свинца

Показатели	$D_k(1)/D_k(2)$	$D_k(2)/D_k(1)$	$D_k(1)/M(3)$	$M(3)/D_k(1)$	$D_k(2)/M(3)$	$M(3)/D_k(2)$	$D_k(1)/[D_k(2), M(3)]$	$D_k(2)/[D_k(1), M(3)]$
C_B	<u>-1,000</u>	0,302	0,869	0,202	0,896	<u>-0,969</u>	<u>-0,104</u>	0,839
C'_B	<u>0,778</u>	0,390	0,869	0,202	0,910	<u>0,819</u>	<u>0,879</u>	0,865

Также не равнозначны и их значения для прямых и обратных комплексов, то есть между ними имеются значительные отличия. Очевидно, на значения показателей C_B и C'_B оказывают влияние также численные величины относительных отклонений δ_j и доля отношений $\delta_i(X_1)/\delta_i(X_{2...k})$ с противоположными знаками.

Метод исследования электрохимических композиций D'_B , основанный на принципе оценки доли электрода с определенными отношениями между относительными отклонениями δ_j значений РП и являющейся аналогом метода D_B , представлен выражением

$$D'_B [X_1(X_2..X_k)] = \frac{\sum_{i=1}^q I_{|\delta_1| > |\delta_2.. \delta_k|}^{\pm}}{L} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $I_{|\delta_1| > |\delta_2.. \delta_k|}^{\pm}$ – величина участка электрода i с абсолютными значениями и одним знаком относительных отклонений δ_j параметра X_1 , большими, чем соответствующие величины параметров $X_2, X_3..X_k$; q – количество участков на электроде с абсолютными значениями и одним знаком относительных отклонений δ_j параметра X_1 , большими, чем соответствующие величины параметров $X_2, X_3..X_k$.

Анализ выражения (6) показывает, что параметр D'_B является аналогом параметра D_B и принимает значения в пределах 0–1 (0–100%).

Таким образом, применение в методах исследования РП относительных отклонений t_i и δ_j позволяет с большей достоверностью раскрыть закономерности формирования гальванических композиций, их функциональные свойства и степень влияния различных факторов на данный процесс.

Построение некоторых показателей оценки свойств электрохимических объектов. Принципы исследования РП на макроуровне можно использовать и для построения некоторых показателей оценки свойств электрохимических объектов. Например, для построения показателя «динамики» коэффициента выхода по току.

Известно, что коэффициент выхода по току B_{Ti} , применяемый в основном для практических целей, представляет собой *долю тока* или количество электричества, затраченного на протекание заданной электрической реакции i [4]:

$$B_{Ti} = m_{i,П} / m_{i,T} \text{ или } B_{Ti} = Q_{i,T} / Q_{i,П}, \quad (7)$$

где $m_{i,П}$ – масса i -го вещества, практически превратившегося в результате прохождения определенного количества электричества; $m_{i,T}$ – масса i -го вещества, которая должна превратиться теоретически при прохождении того же количества электричества; $Q_{i,T}$ – количество электричества, теоретически (по закону Фарадея) необходимое для превращения единицы i -го вещества (для которого рассчитывается выход по току); $Q_{i,П}$ – количество электричества, практически необходимое для превращения той же единицы i -го вещества.

В случае протекания на катоде одного процесса относительные отклонения рассредоточенных значений количества электричества и осаждаемого металла должны быть равны между собой. Однако если относительные отклонения количества электричества и металла не равны между собой, то доля их несовпадений должна характеризовать, по-видимому, степень изменения выхода по току. В качестве относительных отклонений статистической единицы могут выступить относительные отклонения t_i .

Рассмотрим подход построения показателя «динамики» выхода по току на основе исходных данных методического примера оценки рассеивающей способности электролита (см. табл. 1). Согласно данным, приведенным в [5], рассеивающая способность электролита составляет: по току $PC_T = 44\%$, по металлу $PC_M = 63\%$. Отметим, что для процесса свинцевания достигается выход по току $B_{Ti} = 100\%$, при плотности тока 1 А/дм^2 [6].

Для представленного примера относительные разницы между нормированными отклонениями количества металла $t_{i,m}$ и плотности тока $t_{i,k}$, выраженные от нормированных отклонений количества металла $t_{i,m}$, рассчитаны согласно выражению

$$\sigma_B = (t_{i,m} - t_{i,k}) / t_{i,m} = 1 - t_{i,k} / t_{i,m} \quad (8)$$

и составляют

	1	2	3	4	5
σ_B	-0,033	0,617	0,925	0,028	-0,030

Как видно, относительная разница между относительными отклонениями плотности тока (падение напряжения) и количеством металла проходит через максимум, а отрицательные значения у краевых точек σ_B можно отнести, по-видимому, к ошибкам измерения.

Таким образом, σ_B может служить для оценки «динамики» выхода по току. Однако значение показателя σ_B только в узком диапазоне режима электролиза отражает закономерности изменения выхода по току. В связи с этим возникает необходимость в оценке закономерностей изменения σ_B одним числовым значением во всем диапазоне исследуемых интервалов режима электролиза.

Допустим, что для вышеуказанных целей применимы средние степенные величины

$$M = \sqrt[k]{\frac{\sum x_i^k}{n}}, \quad (9)$$

где x_i – статистическая единица; n – число единиц в статистической совокупности; k – величина, по которой определяют вид средней. Так, при значениях $k=1$ средняя арифметическая \bar{x} , $k=2$ – средняя квадратическая \bar{x}_q , $k=3$ – средняя кубическая \bar{x}_Q , $k=4$ – средняя 4-й степени \bar{x}_K , $k=-1$ средняя гармоническая \bar{x}_h и т.д.

Тогда для данных вышеприведенного примера некоторые расчетные средние величины σ_B для применяемого диапазона режима электролиза составляют:

$$\bar{x}_K = 0,831; \bar{x}_Q = 0,590; \bar{x}_q = 0,498; \bar{x} = 0,301; \bar{x}_h = -5,107. \quad (10)$$

Как видно из (10), значения σ_B и специфика его варьирования для первой половины статистической совокупности лучше характеризуются средней арифметической величиной \bar{x} (0,301), а для данных второй половины совокупности – средней 4-й степени \bar{x}_K (0,831).

По-видимому, в рассматриваемом случае диапазон режима электролиза наилучшим образом будет характеризовать статистическую совокупность σ_B , ее среднюю квадратическую величину \bar{x}_q (0,498). Она в большей мере отражает изменения значений σ_B во всем диапазоне исследуемых интервалов РП данного режима электролиза.

Выводы

Сложность и многообразие факторов, влияющих на процесс формирования электрохимической композиции, обуславливают необходимость практического их исследования.

Методы одного из направлений исследования данного процесса основываются на принципах оценки связи между РП различных уровней (макро-, микро- и др.). Такой подход исследования имеет существенное теоретическое и практическое значение. Например, к данному направлению можно отнести высокую практичность его методов, перспективу развития (например, на макроуровнях: A'_B, B'_B, C'_B, D'_B) и возможность применения их принципов для разработки некоторых показателей свойств электрохимических объектов (например, σ_B – показатель «динамики» коэффициента выхода по току).

Кроме этого, методы данного направления позволяют существенно улучшить и расширить качество исследования электрохимических композиций, прогнозировать их и усовершенствовать способы формирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борцой Т.В. Статистические методы оценки связи между параметрами электрохимической системы с рассредоточенными значениями на электроде // Электронная обработка материалов. 2006. № 4. С. 24–36.
2. Борцой Т.В. Структурная оценка электрохимических композиционных материалов // Электронная обработка материалов. 2005. № 5. С. 20–23.
3. Борцой Т.В. Характеристики распределения дисперсной фазы в электрохимической композиции // Электронная обработка материалов. 2006. № 6. С. 10–14.
4. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина Н.А. Теоретическая электрохимия / Под ред. А.Л. Ротиняна. Л.: Химия, 1981. 424 с.
5. Цупак Т.Е., Новиков В.Т., Начинов Г.Н., Ваграмян Т.А. Лабораторный практикум по технологии электрохимических покрытий. М.: Химия, 1980 (с.16–19). 169 с.
6. Справочник по электрохимии / Под ред. А.М. Сухотина. Л.: Химия, 1981. 488 с.

Поступила 04.05.07

Summary

In work methods - analogues A'_B, B'_B, C'_B and D'_B for research of process of formation of the electrochemical composition, based on principles are submitted to an estimation of communication{connection} between dispersed parameters. It is marked, that such direction of research of an electrochemical composition has essential theoretical and practical value, and his{its} principles can be applied to development of some parameters of properties of electrochemical objects, for example σ_B – a parameter of "dynamics" of factor of an output{exit} on a current. Besides his{its} methods have a high level of a generality (three) with similar methods of other areas of knowledge and allow to improve and expand essentially quality of research of electrochemical compositions, to predict and improve ways of their formation.