

УДК 620.193.2

## THE EFFECT OF THE NUMBER OF ELECTRODE COUPLES ON THE SENSITIVITY OF ELECTROCHEMICAL SENSORS OF ATMOSPHERIC CORROSION RATE

OSADCHUK S.A., NYRKOVA L.I., MELNICHUK S.L.  
*PWI. Paton NASU. 03680, Kiev-150, Str. Malevich, 11.*  
*svetlanaosadchuk@meta.ua*

The influence of the number of electrode couples on the sensitivity of electrochemical sensors was investigated for the estimation of the corrosion rate of carbon steel in atmospheric conditions. It was shown that at increasing the number of electrode couples of the sensor from one to two the ratio of electrode width to the thickness of insulation layer increases by a factor of 1,75, and at increasing the number of electrode couples from two to four the thickness increases by a factor of 1,3. The further increasing of the number of electrode couples in the sensor will not significantly increase its sensitivity.

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРОДНЫХ ПАР НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ

ОСАДЧУК С.А., НЫРКОВА Л.И., МЕЛЬНИЧУК С.Л.\*  
*ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150,*  
*ул. К. Малевича, 11; svetlanaosadchuk@meta.ua*

Исследовано влияние количества электродных пар на чувствительность электрохимических датчиков для оценки скорости коррозии углеродистой стали в атмосферных условиях. Показано, что при увеличении количества электродных пар датчика от одной до двух отношение ширины электрода к толщине электроизолирующей прослойки увеличивается в 1,75 раз, а от двух до четырех – в 1,3. Дальнейшее увеличение количества электродных пар датчика практически не будет способствовать существенному повышению его чувствительности.

---

\* Авторы выражают искреннюю благодарность Ю.Ф. Фатееву, доценту, заслуженному преподавателю «Химико-технологического факультета» НТУУ «КПИ» за предложения и замечания, полученные в ходе работы.

Известно, что при определении мгновенной скорости коррозии одним из наиболее используемых является метод поляризационного сопротивления, рабочий инструмент которого – электрохимические датчики, применяемые в электропроводящих средах: водах, обводненных нефтепродуктах, охлаждающих жидкостях, под смазочными материалами и т.д. [1]. Разнообразие конструктивных решений датчиков обусловлено требованиями объектов контроля, эксплуатирующихся в различных условиях.

Применение электрохимических методов коррозионного мониторинга для наблюдения за тонкопленочной коррозией затруднено из-за высокого омического сопротивления электролита. Для преодоления этой проблемы разработаны электрохимические ячейки с коповерхностным расположением электродов [1]. Методический подход к разработке чувствительного элемента многоэлектродного датчика скорости атмосферной коррозии в тонких пленках основывался на теоретических основах метода поляризационного сопротивления и определении оптимальных критических параметров коповерхностных электродов в соответствии с соотношением [1]:

$$R_{\text{крит.}} \approx 0,1q_{\text{крит.}}, \quad (1)$$

где  $q$  - ширина электрода;

$r$  - толщина электроизолирующей прослойки.

Отмечено [1], что при использовании датчика с коповерхностным расположением электродов с параметрами  $q \leq 400$  мкм и  $r \leq 40$  мкм можно определять скорости коррозии сталей, в том числе, сварных соединений с погрешностями менее 10 % практически в любых условиях тонкопленочной коррозии. Однако, влияние количества электродных пар на чувствительность датчиков авторами [1] не рассматривалось.

Цель работы состояла в изучении влияния количества электродных пар на чувствительность многоэлектродных коповерхностных датчиков для оценки скорости коррозии в условиях защиты от атмосферной коррозии (продувание сухим воздухом, применение ингибиторов и т.д.), в тонких фазовых и адсорбционных пленках толщиной от 0,6 до 45 мкм при 100 % относительной влажности воздуха и температуре от 24 °С до 50 °С.

### **Методология исследований**

Скорость коррозии определяли двумя методами: массометрии – по стандартным методикам и поляризационного сопротивления [1].

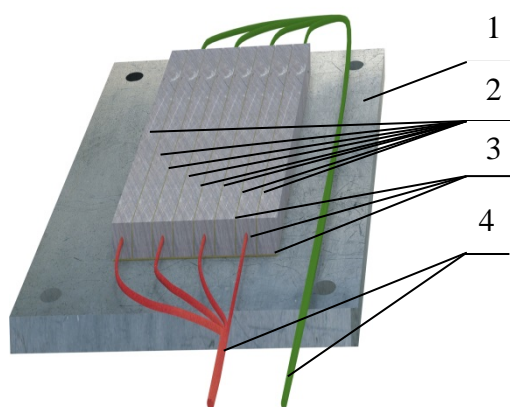
## Результаты и их обсуждение

Характеристика разработанных датчиков с разным количеством электродных пар приведена в табл. 1, 3D схема многоэлектродного датчика – на рис. 1.

Таблица 1. Характеристика исследуемых датчиков

Вид датчика и количество электродных пар	Размер электродов, мм			Максимальная толщина электроизолирующей прослойки $p$ , мм	Соотношение $p/q$	Площадь чувствительного элемента $S$ , $\text{см}^2$
	Длина $l$	Ширина $q$	Толщина			
модель 1, одна пара	45	10	5,8	0,325	0,0325	9,0
модель 2, одна пара	50	10	2	0,200	0,0200	5,0
модель 3, две пары	50	2	10	0,070	0,0350	2,0
модель 4, четыре пары	50	3	2	0,140	0,0467	6,0

Для повышения чувствительности датчиков уменьшали толщину электроизолирующего слоя до значений, сопоставимых с толщиной влажной пленки и повышали его переходное электрическое сопротивление, уменьшали ширину и толщину электродов, увеличивали их количество.

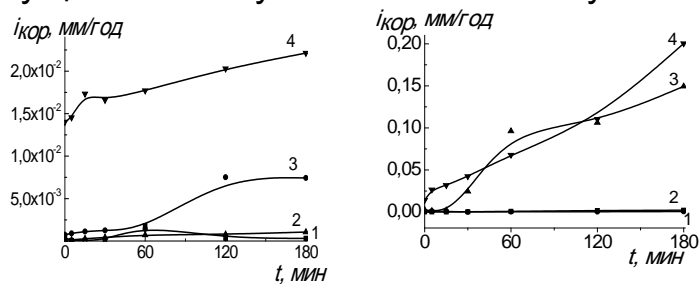


**Рис. 1.** Общий вид многоэлектродного датчика:  
 1 – металлическая основа;  
 2 – электроды чувствительного элемента датчика;  
 3 – диэлектрический слой;  
 4 – токоотвод

Для уменьшения разницы между температурой датчика и температурой среды его крепили на подложке из теплопроводного материала [2].

Важным параметром, влияющим на чувствительность электрохимических датчиков с коповерхностным расположением электродов, является соотношение ширины электродов к толщине электроизолирующего слоя. Для сравнения чувствительности датчиков с разным количеством электродов, которое определяется скоростью коррозии, это соотношение было рассчитано,

и полученные данные представлены в табл. 1. Поскольку при увеличении количества электродных пар датчика от одной до двух отношение  $\frac{P}{q}$  увеличивается в 1,75 раз, а от двух до четырех – в 1,3, то можно предположить, что дальнейшее увеличение количества электродных пар датчика не будет способствовать существенному повышению его чувствительности. Поэтому датчик с



а б

**Рис. 2.** Скорость коррозии, определенная с помощью датчиков с разным количеством электродных пар при относительной влажности 100 % и температуре 24 °С (а) и 50 °С (б):

1 – модель 1 (одна пара); 2 – модель 2 (одна пара); 3 – модель 3 (две пары); 4 – модель 4 (четыре пары)

четырьмя электродными парами обеспечит определение скорости коррозии в тонких пленках с заданной точностью. Проверка чувствительности датчиков различных моделей по

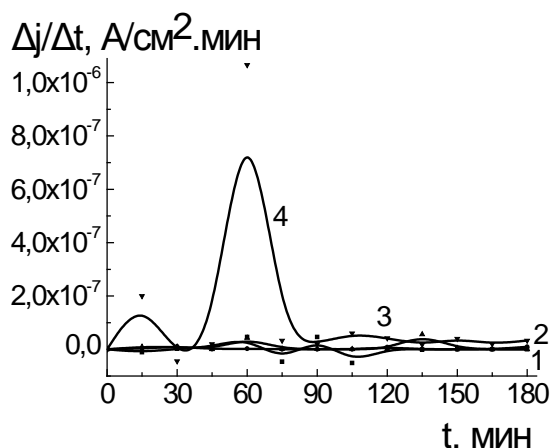
показателю скорости коррозии при относительной влажности воздуха 100 % и температуре 24 °С (рис. 2, а) без конденсации влаги и 50 °С (рис. 2, б) с конденсацией влаги подтвердила предположение о достаточности четырех

электродных пар в его конструкции для определения скорости коррозии в условиях образования адсорбционных пленок. Как видно (рис. 2), при комнатной температуре, когда влага не конденсируется, наибольшую чувствительность продемонстрировал многоэлектродный датчик с четырьмя электродными парами (рис. 2, а, б, кривая 4). Сравнивая значения скоростей коррозии, полученные методом поляризационного сопротивления и массометрии (рис. 2 и табл. 2) установлено, что более объективные результаты получены с помощью датчика с четырьмя электродными парами (модель 4).

**Таблица 2.** Результаты определения скорости коррозии углеродистой стали методом массометрии и поляризационного сопротивления с помощью датчиков разных моделей при различных температурах и относительной влажности воздуха 100 %

Температура, °С	Скорость коррозии, мм/год				
	Метод массометрии	Метод поляризационного сопротивления			
		Модель датчика			
		1	2	3	4
24	0,005	0,00032	0,0014	0,0011	0,022
50	0,076	0,0041	0,0039	0,150	0,20

Изменение плотности тока в контролируемых атмосферных условиях при относительной влажности воздуха 100 % и температуре 24 °С с периодичностью 0,25 часа, определенное при помощи датчиков с разным количеством электродных пар (рис. 3) подтверждает более высокую чувствительность датчика многоэлектродной системы в этих условиях.



**Рис. 3.** Изменение плотности тока при относительной влажности воздуха 100 % и температуре 24 °С с периодичностью 0,25 часа при помощи датчиков с разным количеством электродных пар: 1 – модель 1 (одна пара); 2 – модель 2 (одна пара); 3 – модель 3 (две пары); 4 – модель 4 (четыре пары)

### Выводы

При увеличении количества электродных пар датчика скорости атмосферной коррозии в тонких пленках влаги от одной до двух отношение ширины электродов к ширине электроизолирующей прослойки увеличивается в 1,75 раз, а от двух до четырех – в 1,3. Дальнейшее увеличение количества электродных пар датчика, не будет способствовать существенному повышению его чувствительности. Применение датчика с четырьмя электродными парами для определения скорости атмосферной коррозии углеродистой стали в адсорбционных пленках продемонстрировало удовлетворительное совпадение с результатами массометрии.

### Литература

- [1] Чвірук В. П. Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ / Чвірук В. П., Поляков С. Г., Герасименко Ю. С. – Київ, Академперіодика, – 2007. – 323 с.
- [2] № 70510 України, МПК<sup>8</sup> G 01 N 17/00, G 01 N 23/00. Давач для вимірювання швидкості корозії в тонких плівках / Ниркова Л. І., Осадчук С. О., Мельничук С. Л., Гапула Н. О., Яковенко Г. М. ; заявлювач та патентовласник ІЕЗ ім. Є. О. Патона. – № u2011 15328 ; заявл. 26.12.2011 ; – опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11.