

Н.Н. ПРОСКУРИН, магистр, НТУ «ХПИ», г. Харьков,
М.В. ВЕДЬ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», г. Харьков,
Н.Д. САХНЕНКО, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», г. Харьков,
И.И. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», г. Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРНОЙ КОМПОЗИЦИИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННО – ТОКОВОГО ИМПЕДАНСА

Измерен импеданс основных конструкционных материалов системы охлаждения в модельном растворе (смесь солей натрия) с добавлением композиции ингибиторов в диапазоне частот 0,03 – 100 кГц. Расчетные годографы импеданса удовлетворительно согласуются с экспериментальными. Скорости коррозии, определенные импедансным и весовым методами, совпадают.

Виміряно імпеданс основних конструкційних матеріалів системи охолодження в модельному розчині (суміш солей натрію) з додаванням композиції інгібіторів в діапазоні частот 0,03 – 100 кГц. Розрахункові годографи імпедансу задовільно узгоджуються з експериментальними. Швидкості корозії, розраховані за імпедансним і ваговим методами, збігаються.

The impedance of the main structural materials of the cooling system in a model solution (a mixture of sodium salts) with the addition the composition of the inhibitors in the frequency range 0.03 – 100 kHz was measured. Calculated hodographs of the impedance satisfactory agree with experimental ones. Corrosion rate calculated by impedance and gravimetric methods are coinciding.

Современное состояние развития автотранспортной техники характеризуется постоянным совершенствованием конструкции агрегатов и узлов. Одним из основных факторов, влияющих на надежность работы двигателя, является нормальное функционирование системы охлаждения. Для ее защиты от коррозионных разрушений используют различные способы, но для наиболее эффективной защиты необходимо применение ингибиторных композиций. К числу таких составов принадлежит разработанная нами ингибиторной композиции [1] эффективность которой исследовали ранее методами гравиметрии и вольтамперометрии.

На сегодняшний день одним из перспективных электрохимических методов исследования коррозионных процессов является импедансная спектроскопия [2]. В общем случае гетерогенную систему металл – защитное покрытие моделируют совокупностью параллельных и последовательных R – C це-

почек с частотно – зависимыми элементами [3]. Представляло несомненно интерес измерения спектров электродного импеданса для сопоставительного определения защитного эффекта ингибиторной композиции, что и составило предмет исследования.

Изучали образцы из стали, меди и алюминия с рабочей поверхностью 1 см^2 в модельном растворе согласно ДСТУ [4] с добавлением разработанной нами ранее композиции ингибиторов [1].

Вспомогательный электрод – цилиндрической формы из нержавеющей стали.

Спектру импеданса измеряли по последовательной схеме замещения в диапазоне частот $0,03 - 100 \text{ кГц}$ с помощью моста переменного тока Р – 5083. Обработку результатов проводили графоаналитическим методом [3].

Диаграммы импеданса в комплексной плоскости свидетельствуют об изменении механизма физико-химических процессов в системе с увеличением времени экспозиции.

Так, в начальный период отмечается чисто емкостной характер зависимости составляющих импеданса, в частности, для медного электрода (рис. 1).

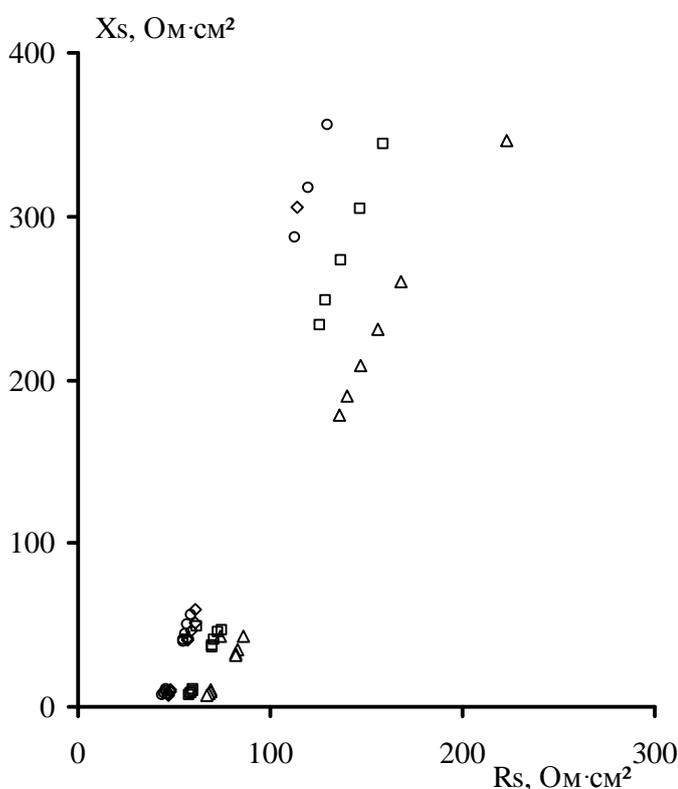


Рис. 1. Частотные зависимости составляющих импеданса для медного электрода при изменении времени экспозиции, сут.

○ – (1), ◇ – (10), □ – (20), △ – (40)

Это указывает на высокие барьерные свойства оксидных пленок, которые затрудняют адсорбцию композиции ингибиторов на поверхности электродов.

С увеличением экспозиции характер частотных зависимостей исследуемых образцов существенно изменяется, отмечается переход к полу круговой зависимости (рис. 2) со смещенным ниже оси абсцисс центром дуги, что, вероятно, объясняется гетерогенностью поверхности образцов.

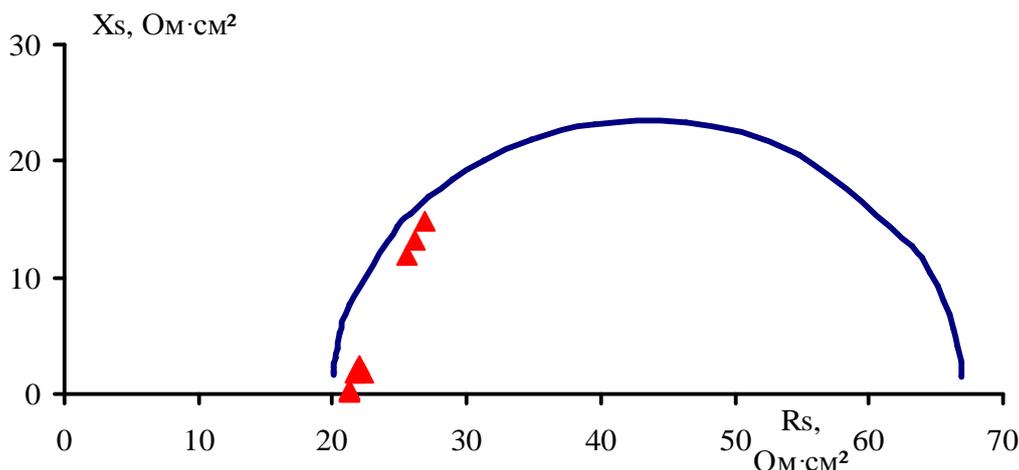


Рис. 2. Сопоставление экспериментальных (точки) и расчетных (полуокружность) частотных зависимостей составляющих импеданса для стального электрода

Отрезок, который отсекается на оси абсцисс на высоких частотах – соответствует электрическому сопротивлению электролита; диаметр дуги полуокружности, полученный экстраполяцией годографа в область низких частот, соответствует поляризационному сопротивлению, обратно пропорциональному току (скорости) коррозии (таблица).

Таблица

Параметры эквивалентных электрических схем для медного электрода

Время, сут	Re, Ом·см ²	Rf, Ом·см ²	Сд, мкФ/см ²	I _{cor} , А/см ²
1	80	920	0,2	0,00039
10	75	1325	0,2	0,0002
20	50	1010	0,2	0,00018
40	60	960	0,2	0,00022

Анализ годографов и установление корреляции между характером частотных зависимостей и физико – химическими процессами в реальной системе позволил уточнить общую эквивалентную схему замещения элект-

трода (рис. 3). В простейшем случае импеданс системы достаточно корректно описывается схемой Эршлера – Рендлса, которая включает сопротивление электролита R_e , емкость двойного электрического слоя C_d и поляризационное сопротивление R_f .

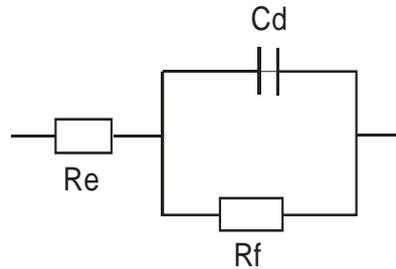


Рис. 3 Эквивалентная схема замещения Эршлера-Рендлса

Расчетные частотные спектры составляющих импеданса R_s и X_s получены с использованием вычисленных по результатам экспериментальных значений элементов эквивалентных схем величин из соотношения:

$$R_s + X_s = R_e + (j \omega C_d + Z_1^{-1})^{-1}$$

Ввиду громоздкости уравнений, описывающих в явном виде отклик электрической схемы на синусоидальный сигнал, расчет проводили на ЭВМ.

Хорошее соответствие экспериментальных и расчетных частотных зависимостей свидетельствует о достоверности полученных результатов.

Таким образом, можно сделать вывод, что полученные методом переменного – токового импеданса результаты свидетельствуют о высокой эффективности композиции ингибиторов коррозии для основных конструкционных материалов системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания. Кроме того, соответствие значений скорости коррозии, полученных методом импедансной спектроскопии и гравиметрическими измерениями [1], указывает на достоверность проведенных испытаний.

Список литературы: 1. *Проскурін М.М.* Визначення захисної дії інгібіторної композиції / *М.М. Проскурін, М.Д. Сахненко, О.С. Шепеленко*: II міжнародна науково-технічна конференція [Молодіжний електрохімічний форум], (Харків, 22-25 вересня 2009 р.): тези доповідей / М-во освіти і науки України, НТУ «ХПШ». – Х.: НТУ «ХПШ», 2009. – С. 69. 2. *Кузнецов А. А.* Защита металлов / *А.А. Кузнецов*. – Л.: Химия 1989. – 585 с. 3. *Графов Б.М.* Электрохимические цепи переменного тока / *Б.М. Графов, Е.А. Укше*. – М.: Наука, 1973. – 128 с. 4. Тестування охолоджувальної рідини двигунів внутрішнього згорання: ГОСТ 28084-94. – К.: Держспоживстандарт України. – 18 с. – (Національний стандарт України).