

---

## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АНТИФРИЗА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

А.А. Ходяков, Е.Ю. Федосеенко,  
Абу-Ниджим Рамзи Хассан Юсеф

Кафедра эксплуатации автотранспортных средств  
Инженерный факультет  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Показано, что независимо от особенностей химического состава охлаждающих жидкостей в них присутствуют положительно заряженные частицы (ионы), которые при появлении в системе охлаждения ДВС катодных и анодных участков коррозии должны компенсировать отрицательный заряд поверхности металла. Указанные частицы могут входить как в плотную, так и в диффузную часть формируемого в процессе коррозии металла двойного электрического слоя.

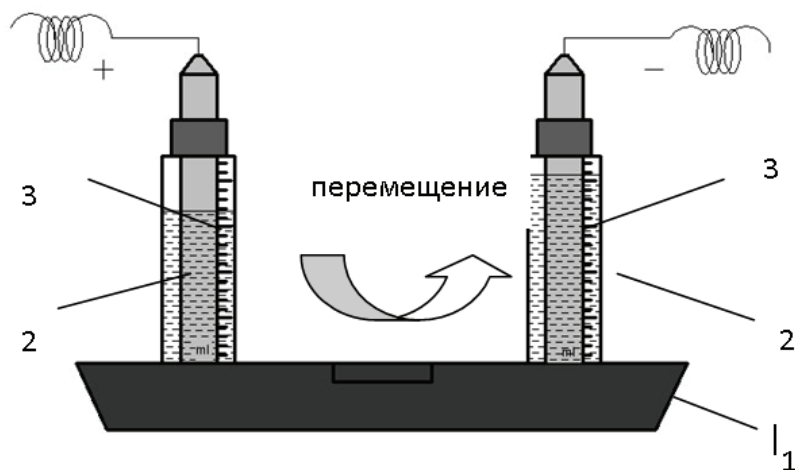
**Ключевые слова:** антифризы, электропроводность, электроосмос, двойной электрический слой, катодный и анодный участки коррозии.

Детали двигателя внутреннего сгорания, контактирующие с охлаждающей жидкостью, подвергаются электрохимической коррозии, при которой на анодном и катодном участках коррозии формируется двойной электрический слой (ДЭС). Отрицательно заряженная поверхность металла на указанных участках должна компенсироваться присутствующими в охлаждающей жидкости положительно заряженными ионами. Поэтому для прогнозирования процессов, связанных с защитой металлов от коррозии, крайне важны сведения о компонентах, способных компенсировать отрицательный поверхностный заряд металла.

**Экспериментальная часть.** Объектами исследования при изучении способности компонентов антифризов формировать ДЭС, были охлаждающая жидкость AGA-Z42 (VW TL 774-D, G-48), AGA-Z40 (VW TL 774-F, G12+), AGA-Z65 (VW TL 774-D, G-12) и CASTROL (не содержит нитриты, амины, фосфаты; антифриз-концентрат). Перед проведением опытов антифриз CASTROL разбавляли дистиллированной водой таким образом, чтобы его электропроводность была идентична аналогичному параметру, регистрируемому в охлаждающих жидкостях марки AGA.

Организация опытов, связанных с изучением структуры двойного электрического слоя непосредственно на образцах металлов, контактирующих с охлаждающими жидкостями, — трудная задача. Поэтому изучение структуры ДЭС, образуемого компонентами антифризов, проводили методом электроосмоса, который основан на измерении разности потенциалов на границе между подвижной (охлаждающая жидкость) и неподвижной (песчаные минералы) фазами. В качестве неподвижной фазы был использован кварцевый песок, на поверхности частиц которого в разбавленных растворах электролитов формируется ДЭС. В нейтральной, кислой и щелочной среде песчаные минералы, так же как и поверхность катодных и анодных участков коррозии металлов (системы охлаждения двигателя), имеют отрицательный заряд.

Электроосмотический перенос жидкой фазы проводили в ячейке, представляющей собой камеру, к днищу которой были приклеены две полимерные трубки (измерительные емкости). Нижнюю часть трубок с отверстиями закрывали сеткой, препятствующей перемещению песка в измерительные емкости [1]. В качестве электродов (рис. 1, позиция 3) использовали графитовые стержни.



**Рис. 1.** Схема электроосмотического переноса жидкой фазы: камера (1), полимерные измерительные трубки (2), графитовые электроды (3)

После заливки в ячейку жидкой фазы (антифризов) на электроды подавали постоянное электрическое напряжение. Измеряли силу тока. Время опыта составляло 180 сек. После выключения источника постоянного напряжения замеряли объемы жидкостей в приэлектродных пространствах. По разности объемов определяли, к какому из электродов проходит электроосмотический перенос жидкой фазы. Используя значения тока, объема и электропроводности перенесенной жидкости, оценивали величину эффективного значения электрокинетического потенциала ( $\xi_{эфф}$ ), которое рассчитывали по уравнению [2]:

$$\xi_{эфф} = 9 \cdot 10^4 \left[ \frac{4\pi\eta Q\chi}{It\epsilon} \right], \quad (1)$$

где  $\eta$  — вязкость жидкости ( $\eta$  воды равно 0,01 Пуаз);  $\epsilon$  — диэлектрическая постоянная (для воды 81);  $\chi$  — электропроводность подвижной фазы,  $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ;  $I$  — сила тока, А;  $t$  — время протекания жидкости, с;  $Q$  — объем ( $\text{см}^3$ ) жидкости, перенесенной в результате электроосмоса за время  $t$  при силе тока  $I$ .

Электропроводность изучаемых растворов измеряли кондуктометром ОК-104. Во всех опытах использовали дистиллированную воду проводимостью  $\sim 2 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ .

**Обсуждение результатов.** В таблице приведены электропроводность исследуемых растворов антифризов и значения электрокинетического потенциала.

**Величины электрокинетических потенциалов  
в зависимости от электропроводности растворов антифризов**

Параметр	$\chi, \text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$	
	$2,2 \cdot 10^{-4} \pm 2,5 \cdot 10^{-5}^*$	$1,7 \cdot 10^{-3} \pm 2,1 \cdot 10^{-4}^{**}$
$\xi_{\text{эфф}}, \text{мВ}$	$25,6 \pm 3,5$	$75,6 \pm 11,3$

\* Разбавленные водой антифризы

\*\* Неразбавленные водой антифризы

В результате проведенных исследований установлено, что жидкая фаза при испытании антифризов перемещается к катоду. Следовательно, суммарный отрицательный поверхностный заряд частиц песка компенсируется гидратированными положительно заряженными ионами, которые в электрическом поле, перемещаясь к катоду, увлекают за собой слои воды.

Значение электрокинетического потенциала для всех без исключения изученных антифризов составило  $75,6 \pm 11,3$  мВ (разброс параметра  $\xi_{\text{эфф}} \pm 14,9\%$ ) (см. табл.). Такая одинаковость  $\xi_{\text{эфф}}$  свидетельствует, что различия в химическом составе охлаждающих жидкостей не отражаются в механизме формирования двойного электрического слоя.

Значение электрокинетического потенциала при  $\chi = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{—} 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  равно 25,6 мВ (см. табл.). Это свидетельствует, что в разбавленных водой антифризах диффузная часть ДЭС тоньше, чем в более концентрированных растворах охлаждающих жидкостей. В таких условиях большая часть положительно заряженных ионов находится в плотной части ДЭС.

Таким образом, независимо от особенностей химического состава охлаждающих жидкостей в них присутствуют положительно заряженные частицы (ионы), которые при появлении в системе охлаждения ДВС катодных и анодных участков коррозии должны компенсировать отрицательный заряд поверхности металла. Указанные частицы могут входить как в плотную, так и в диффузную часть формируемого в процессе коррозии металла двойного электрического слоя.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Ходяков А.А., Каймин Е.П., Константинова Л.И., Захарова Е.В.* Электрофизические и сорбционные свойства песчано-глинистой породы в разбавленных растворах электролитов // *Материаловедение*. — 2009. — № 5. — С. 35—38. [*Khodyakov A.A., Kaymin E.P., Konstantinova L.I., Zaharova E.V.* Elektrofizicheskie i sorbcionnye svoystva peschano-glinistoy porodi v razbavlennih rastvorah elektrolitov // *Materialovedenie*. — 2009. — № 5. — S. 35—38.]
- [2] *Горбачук В.В., Загуменнов В.А., Сироткин В.А., Суслов Д.А., Никитин Е.В.* Практическое руководство к лабораторным работам по коллоидной химии. — Казань: КГУ, 2001. [*Gorbachuk V.V., Zagumennov V.A., Sirotkin V.A., Suslov D.A., Nikitin E.V.* Prakticheskoe rukovodstvo k laboratornim rabotam po kolloidnoy himii. — Kazany: KGU, 2001.]

## **ELECTRICAL PROPERTIES OF ENGINE COOLING SYSTEM ANTIFREEZE**

**A.A. Khodyakov, E.J. Fedosejenko,  
R.Kh. Aby-Nidzdim**

Department of Motors Vehicles Operating  
Engineering Faculty  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Mikluho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198*

It can be shown that independently of the individual chemical compositions of coolants, they contain positively charged particles (ions). These are necessary to compensate for the negative charge of the metal surface due to the cathode and anode areas of corrosion in the engine cooling system. These particles can enter into a dense or diffuse part of the electrical double layer formed during the metal corrosion process.

**Key words:** antifreeze, electrical conduction, electro osmosis, electric double layer, cathode and anode areas of corrosion.