УДК 620.197

А.В. ТРОЦЕНКО
А.Б. ГРИГОРОВ
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОЇ ФРАКЦІЇ, ЩО МІСТИТЬ 1,3-ДИФЕНИЛТРИАЗЕН

В статті розглянуто можливість розширення номенклатури хімічних речовин, які проявляють свої високі антикорозійні властивості в вуглеводневому середовищі і можуть використовуватися у якості присадок до моторних палив, за рахунок використання 1,3-дифенилтриазену. Дана речовина відноситься до класу діазосполук а її антикорозійні властивості визначаються адсорбційною здатністю при контакті з металевою поверхнею, що зумовлена наявністю в молекулі азотовмісних активних груп, які утворюють з металевою поверхнею донорно-акцепторний (координаційний) зв'язок.

Дослідження антикорозійних властивостей проводилися на металевих пластинах (мідь та сталь, марки 3), що розташовувалися в модельному середовище, яке складалося з прямогонної дизельної фракції (240-350 °С), отриманої з газового конденсату з додаванням 1 % мас. 1,3-дифенилтриазену в яку вводили 0,1 % мас. розчину 97% оцтової кислоти або 0,5 % мас. водного розчину 10% NaCl. Антикорозійні властивості означеного модельного середовища досліджувалися як в статичних (м'яких) умовах при 20 °С, періодичному перемішуванні зі швидкістю 100 об./хв. в продовж 90 діб, так і в динамічних (жорстких) умовах при 50 °С, безперервному перемішуванні зі швидкістю 500 об./хв., аерації 1,5 дм^3/хв. в продовж 120 годин.

Встановлено, що в тих пробах де знаходився 1 % мас. 1,3-дифенилтриазен на поверхні металевих пластин утворювалася захисна плівка, про що свідчить і зміна кольору металевої пластини, і відсутність на поверхні ознак корозії, а також незначний приріст її маси (в межах 0,0002÷0,0003 г). В пробах де був відсутній 1,3-дифенилтриазен швидкість корозії (K_m), для м'яких умов дослідження складала $0{,}94\times10^{-4}\div5{,}16\times10^{-4}$ г/(м^2×год), для жорстких умов дослідження – $0{,}56\times10^{-2}\div1{,}07\times10^{-2}$ г/(м^2×год).

Запропонований авторами підхід, що враховує комплексну дії декількох факторів (температуру, перемішування, аерацію та наявність у середовище корозійно-агресивного агенту), дозволяє адекватно, наближено до умов, які можуть виникати при реальній експлуатації об'єктів, оцінити ефективність застосування тієї, чи іншої хімічної речовини для захисту від корозії металевих поверхонь.

Ключові слова: дизельна фракція, діазосполуки, 1,3-дифенилтриазен, присадка, адсорбція, металева поверхня, корозія.

А.В. ТРОЦЕНКО
А.Б. ГРИГОРОВ
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИКОРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ 1,3-ДИФЕНИЛТРИАЗЕН

В статье рассмотрена возможность расширения номенклатуры химических веществ, которые проявляют свои высокие антикоррозионные свойства в углеводородной среде и могут использоваться в качестве присадок к моторным топливам за счет использования 1,3-дифенилтриазена. Данное вещество относится к классу диазоссоединений, а его антикоррозионные свойства определяются адсорбционной способностью при контакте с металлической поверхностью, что обусловлено наличием в молекуле азотсодержащих активных групп, которые образуют с металлической поверхностью донорно-акцепторную (координационную) связь.

Исследования антикоррозионных свойств проводились на металлических пластинах (медь и сталь, марки 3), которые размещались в модельной среде, состоящей из прямогонной дизельной фракции (240-350 °С), полученной из газового конденсата с добавлением 1 % масс. 1,3-дифенилтриазена, в которую вводили 0,1% масс. раствора 97% уксусной кислоты или 0,5% масс. водного раствора 10% NaCl. Антикоррозионные свойства указанной модельной среды исследовались как в статических (мягких) условиях при 20 °С, периодическом перемешивании со скоростью 100 об/мин. в течение 90 суток, так и в динамических (жестких) условиях при 50 °С, непрерывном перемешивании со скоростью 500 об/мин, аэрации 1,5 дм3/мин. в течение 120 часов.

Установлено, что в тех пробах, где находился 1 % масс. 1,3-дифенилтриазен на поверхности металлических пластин образовалась защитная пленка, о чем свидетельствует изменение цвета металлической пластины, и отсутствие на поверхности признаков коррозии, а также незначительный прирост ее массы (в пределах 0,0002÷0,0003 г). В пробах, где отсутствовал 1,3-дифенилтриазен, скорость коррозии (K_m), для мягких условий исследования составляла $0{,}94\times10\text{-}4\div5{,}16\times10\text{-}4$ г/(м^2×час), для жестких условий исследования. – $0{,}56\times10\text{-}2\div1{,}07\times10\text{-}2$ г/(м^2×час).

Предложенный авторами подход, учитывающий комплексное действие нескольких факторов (температуру, перемешивание, аэрацию и наличие в среде коррозионно-агрессивного агента), позволяет адекватно, приближенно к условиям, которые могут возникать при реальной эксплуатации объектов, оценить эффективность применения того или иного химического вещества для защиты от коррозии металлических поверхностей

Ключевые слова: дизельная фракция, диазосоединения, 1,3-дифенилтриазен, присадка, адсорбция, металлическая поверхность, коррозия.

ALEKSANDER VOLODYMYROVYCH TROTSENKO
ANDRIY BORYSOVYCH GRIGOROV
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

INVESTIGATION OF ANTI-CORROSION PROPERTIES OF DIESEL FRACTION, CONTAINING 1,3-DIPHENYLTRIAZENE

The article considers the possibility of expanding the range of chemicals that exhibit their high anti-corrosion properties in hydrocarbons and can be used as additives to motor fuels through the use of 1,3-diphenyltriazene. This substance belongs to the class of diazocompounds and its anticorrosive properties are determined by the adsorption capacity in contact with the metal surface, due to the presence in the molecule of nitrogen-containing active groups that form a donor-acceptor (coordination) bond with the metal surface.

Studies of anticorrosive properties were performed on metal plates (copper and steel, grade 3), located in the model environment, which consisted of straight-run diesel fraction (240-350 ° C) obtained from gas condensate with the addition of 1% of the mass. 1,3-diphenyltriazene in which was injected 0.1% of the mass. a solution of 97% acetic acid or 0.5% of the mass. aqueous solution of 10% NaCl. The anticorrosive properties of the specified model environment were studied both in static (soft) conditions at 20 ° C, periodic stirring at a speed of 100 rpm. for 90 days, and in dynamic (hard) conditions at 50 ° C, continuous stirring at a speed of 500 rpm, aeration 1.5 dm^3 / min for 120 hours.

It was found that in those samples where there was 1% of the mass. 1,3-diphenyltriazene on the surface of metal plates formed a protective film, as evidenced by the change in color of the metal plate, and the absence of signs of corrosion on the surface, as well as a slight increase in its mass (within 0.0002 ÷ 0.0003 g). In samples where there was no 1,3-diphenyltriazene corrosion rate (Km), for mild study conditions was $0.94 \times 10^{-4} \div 5.16 \times 10^{-4}$ g / ($m^2 \times$ h), for harsh study conditions - $0.56 \times 10^{-2} \div 1.07 \times 10^{-2}$ g / ($m^2 \times$ year).

The approach proposed by the authors, which takes into account the complex action of several factors (temperature, mixing, aeration and the presence of corrosive agents), allows to adequately, close to the conditions that may arise during the actual operation of facilities, to assess the effectiveness of one or another chemical to protect against corrosion of metal surfaces.

Key words: diesel fraction, diazocompounds, 1,3-diphenyltriazene, additive, adsorption, metal surface, corrosion.

Постановка проблеми

Антикорозійний захист представляє собою комплекс засобів захисту поверхонь металевих виробів та споруд від корозії, який реалізується на всіх стадіях проектування, виробництва, зберігання, транспортування, монтажу та експлуатації металевих виробів. Корозія металевих поверхонь призводить не тільки до передчасного виходу з ладу дорогих та відповідальних виробів та споруд, а і до порушень технологічних процесів, простоїв обладнання та виникнення небезпечних аварійних ситуацій. Зважаючи на це, розширення номенклатури хімічних речовин, які здатні захищати металеві поверхні в широкому спектрі дії різноманітних шкідливих факторів, на теперішній час є досить актуальним завданням.

Аналіз останніх джерел

Аналіз технічної літератури, присвяченій захисту від корозії поверхонь металевих конструкцій та агрегатів, свідчить про те, що корозійне руйнування поверхонь в більшості випадків викликане сукупністю певних факторів [1-3]: наявність корозійно-агресивних елементів (кислот, лугів, солей, спиртів); води; розчиненого кисню; підвищена температура, інтенсивне перемішування середовища.

Наявність в складі палив кислот, лугів, солей пояснюється, на відміну від спиртів, які використовують при виробництві біопалив [4, 5], є випадковим і пояснюється порушенням технологічного режиму виробництва, виникненням аварійних ситуацій, транспортуванням та зберіганням у забрудненій тарі. Вода, що знаходиться в паливі, значно підвищує активність корозійно-агресивних елементів [6], а її наявність може бути зумовлена як гігроскопічністю палив [7], так і потраплянням до палива при порушенні герметичності резервуарів, ємкостей, дрібної тари. Відмітимо, що корозійна стійкість сталей в присутності воді без доступу кисню повітря пояснюється утворенням малорозчинного гідрату закису заліза а далі при поглибленні цих процесів, внаслідок взаємодії з киснем у присутності води, утворюються складні гідратовані оксиди заліза – іржа. Причому, швидкість корозії залежить від вмісту кисню, концентрації водневих іонів більш висока концентрація кисню та

водневих іонів сприяє посиленню корозії [8]. Таким чином, аерація палива, яка спостерігається при виконанні зливо-наливних робіт при активному перемішуванні палива, сприяє розвиненню процесів корозії.Підвищена температура середовища також сприяє збільшенню швидкості корозійних процесів [9].Інтенсивне перемішування середовища, окрім створення ефекту аерації, сприяє омиванню металевої поверхні новими порціями палива з вмістом корозійно-агресивних агентів.

Розглядаючи хімічні речовини, які сьогодні використовуються для захисту поверхонь металевих конструкцій, слід виділити азотовмісні сполуки [10-12]: аліфатичні аміни та їх солі, аміноспирти, амінокислоти, азометини, аніліни, гідразиди, іміди, акрилонітрили, іміни, азотовмісні 5-члені (бензімідозоли, імідазоліни, бензотріазоли тощо) та 6-члені (піридини, хіноліни, піперидини тощо) гетероцикли.

Ряд означених вище сполук, на нашу думку, повинен бути доповнений такою речовиною як 1,3-дифенілтриазен, що відноситься до класу діазосполук та при його додаванні до моторних палив в якості поліфункціональної присадки, буде проявляти позитивні властивості притаманні азосполукам, зокрема антикорозійні.

Ефективність антикорозійної дії 1,3-дифенілтриазен буде визначається його адсорбційною здатністю при контакті з поверхнею металу, що зумовлена наявністю в молекулі атомів азоту, які здатні утворювати з металевою поверхнею донорно-акцепторний (координаційний) зв’язок [10].

Для дослідження антикорозійних властивостей дизельної фракції з розчиненому в ній 1% мас. 1,3-дифенілтриазену, на нашу думку, необхідно створити найжорсткіші умови, при яких буде проявлятися комплексна дія факторів, що наведені вище. Спираючись на роботу [13] в якій обґрунтовано використання води, оцтової кислоти (CH_3COOH), хлориду (MeCl) та кисню (O_2) для дослідження корозії вуглецевої сталі в модельному паливі (SFGE), нами було запропоновано дослідити можливість застосування 1,3-дифенілтриазену в якості протикорозійної присадки до моторних палив, використовуючи саме ці корозійно-активні агенти.

Метою роботи є: визначення корозійного впливу на металеві пластини, зі міді та сталі, марки 3, прямогонної дизельної фракції (240-350 °С), отриманої з газового конденсату з розчиненому в ній 1% мас. 1,3-дифенілтриазену при комплексній дії корозійно-агресивних агентів, підвищеної температури, активного перемішування та аерації.

Виклад основного матеріалу

Дослідження корозійного впливу, що чинять моторні палива на метали здійснювалося у лабораторній установці конструкція якої, представлено на рис. 1. Дана установка дозволяє визначити корозійний вплив на метали моторних палив, враховуючі як одиночну, так і сумісну дію декількох факторів, що істотно впливають на інтенсифікацію корозійних процесів. До числа цих факторів можна віднести наступні: температура палива; наявність в паливі корозійно-агресивних агентів (домішок); аерація палива, що виникає підчас його перекачування або транспортування.

Методика дослідження корозійного впливу на метали (мідь або сталь, марки 3) полягала в тому, що спеціально підготовлена (суха та знежирена) металева пластина (5), яка закріплена на кришці (3), розташовувалась в термостійкому скляному стакані (7), заповненому 1,0 дм^3 вихідним або з вмістом 1% мас. 1,3-дифенілтриазена паливом. Скляний стакан (7), розташовувався у середині термостату (9). Далі у паливо вводили 0,1% водного розчину 97% CH_3COOH або 10% водний розчин NaCl, в кількості 0,5% мас. При цьому, здійснювалося безперервне перемішування досліджуваної проби за допомогою механічного перемішуючого пристрою (6), лопатевого типу. Привід цього пристрою здійснювався від електричного двигуна (2), закріпленого на штативі (1) а швидкість перемішування, яка складала 500-550 об/хв. регулювалася за допомогою блоку керування (10). Постійну температури досліджуваного зразка палива підтримують за допомогою термостату (9) а реєстрація температури здійснювалася за допомогою термометру (4), закріпленого на штативі (1). Після термостації відбувалася витримка металевої пластини у досліджуваному паливі при заданій температурі дослідження протягом встановленого часу. Цей час складав 180 хв. при жорстких умовах дослідженнях (нагрівання, активне перемішування та аерація) та 90 діб при дослідженнях в м’яких умовах, лише під впливом атмосферних чинників.

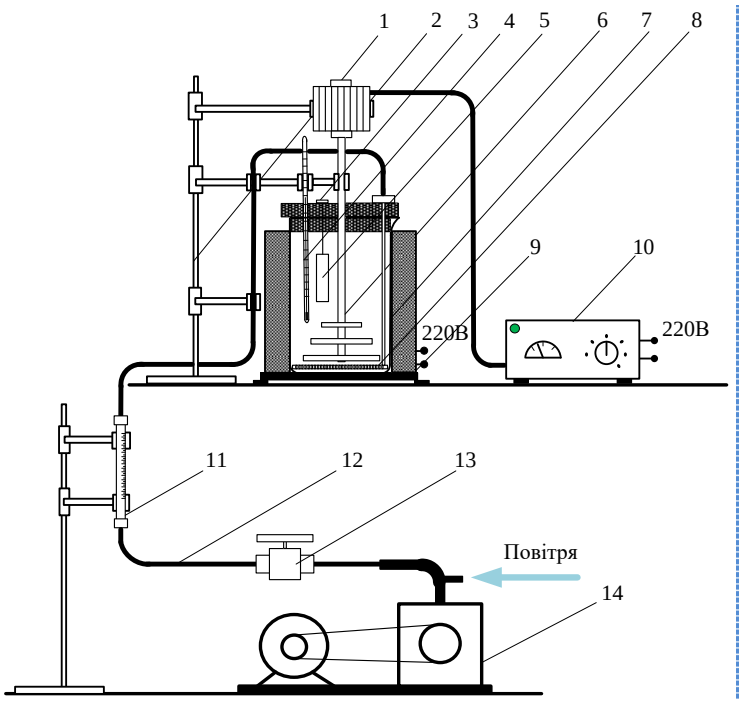

Рис. 1. Лабораторна установка для визначення корозійного впливу на метали: 1- штатив; 2 – електричний двигун; 3 – кришка; 4 – термометр; 5 – металева пластинка; 6 – перемішуючий пристрій; 7 – стакан; 8 – маточник; 9 – термостат; 10 – блок керування перемішуючим пристроєм; 11 – ротаметр; 12 – патрубок; 13 – регулювальний вентиль; 14 - компресор

Після цього пластину виймали з стакану, промивали розчинником (петролейним ефіром або толуолом), протирали знезоленим фільтром, за необхідністю зчищали з поверхні пластини, продукти корозії. Оцінка корозійного впливу на метали здійснювалася або візуально, за наявністю на пластині потм'яніння, осередків корозії, або гравіметричним методом, який реалізується за допомогою зважування пластин на аналітичних вагах.

На рис. 2 представлено знімки металевих пласти до та після їх перебування (при постійному перемішування при 500 об/хв. та аерації 1,5 дм^3/хв.) протягом 180 хв. при температурі 50 °С в дизельній фракції (240-350 °С), яка містила агресивні агенти (0,1% водний розчин 97% CH_3COOH або 0,5% водний розчин 10% NaCl) та 1% мас. 1,3-дифенилтриазену.

Аналізуючи представлені знімки очевидно, що як на мідній, так і на сталевій пластині відбувається адсорбування 1,3-дифенилтриазену, що у свою чергу, створює захисну плівку на металевих поверхнях (див. рис. 2 в, е, ж), яка за своїм кольором відрізняється від вихідних металевих пластин. Ця плівка запобігає їх корозійному руйнуванню навіть у таких жорстких умовах, що були створенні при дослідженні. Поверхні металевих пластин, що знаходились середовищах без додавання 1,3-дифенилтриазену (див. рис. 2, б, д, є) характеризуються наявністю корозійного ураження.

Далі, корозійні дослідження проводили за допомогою гравіметричного методу, який полягає у визначенні втрати маси металевих зразків за час їх перебування у випробуваному середовищі [14], нами були отримані залежності**,** що представлені на рис. 3-4.

Представлені залежності, не зважаючи на умови досліджень, свідчать про втрату маси металевих пластин в тих пробах де до прямогонної дизельної фракції додавався лише агресивний агент і навпаки, в тих пробах, де містився 1% мас. 1,3-дифенилтриазену спостерігалося незначне підвищення маси металевих пластин (на рівні чутливості вагів, в межах 0,0002÷ 0,0003 г), за рахунок створення захисної плівки на їх поверхні. Характер змінення маси пластини в залежності від часу досліджень як в м'яких, так і в жорстких умовах є

ідентичним, але в жорстких умовах відбувається більш значна втрата маси пластини за значно менший термін дослідження, що свідчить про суттєві корозійні процеси, що відбуваються на поверхні металевих пластин. Також, при використанні в якості агресивного агенту водний розчин 10% NaCl на дні скляного стакану (див. рис. 1) обраховувався осад бурого кольору, характерний для корозійних процесів сталі.

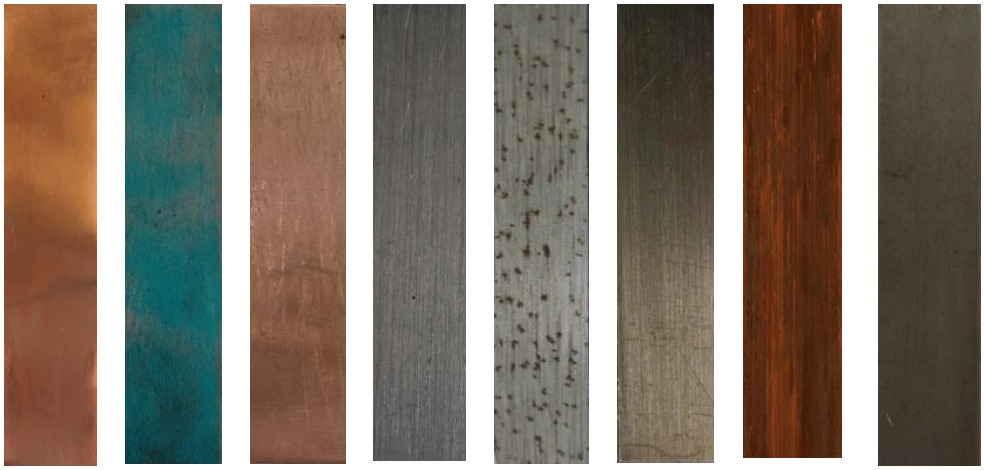

Рис. 2. Знімки металевих пластин: а) вихідна мідна пластинка; б) мідна пластинка після перебуванні в дизельній фракції + 0,1% водного 97% CH_3COOH; в) мідна пластинка після перебуванні в дизельній фракції + 0,1% водного 97% CH_3COOH +1% 1,3-дифенилтриазен; г) вихідна сталева пластинка; д) сталева пластинка після перебуванні в дизельній фракції + 0,1% водного 97% CH_3COOH; е) сталева пластинка після перебуванні в дизельній фракції + 0,1% водного 97 % CH_3COOH +1% 1,3-дифенилтриазен; є) сталева пластинка після перебуванні в дизельній фракції + 0,5% водного 10% NaCl; ж) сталева пластинка після перебуванні в дизельній фракції 0,5% водного 10% NaCl +1% 1,3-дифенилтриазен

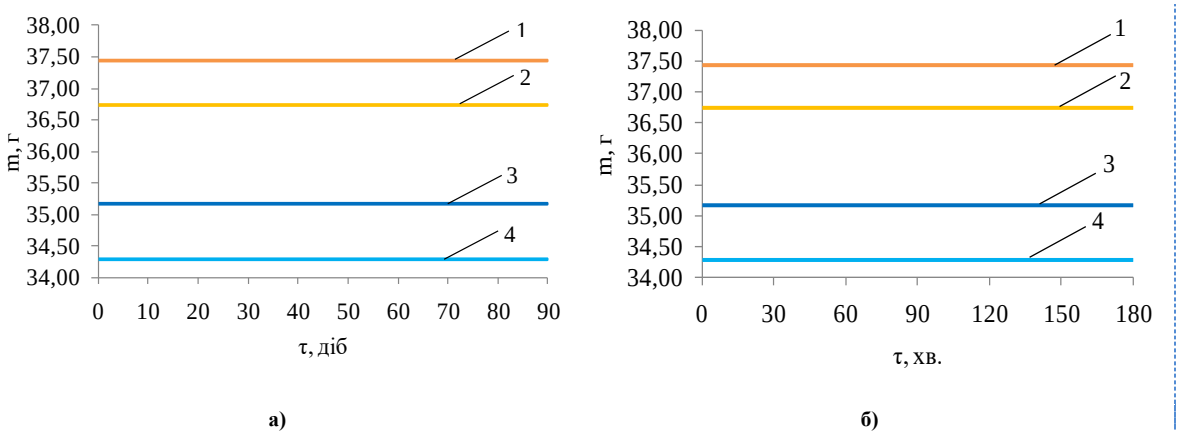

Рис. 3. Залежність m від τ для м'яких (а) та жорстких (б) умов: 1 - для ДФ+0,1% CH3COOH + 1% 1,3-дифенилтриазен; 2 – для ДФ+0,1% CH3COOH; 3- для ДФ+0,5% NaCl; 4 - для ДФ+0,5% NaCl +1% 1,3-дифенилтриазен

Розраховані рівняння регресії, коефіцієнти достовірності апроксимації (R^2) та швидкість корозії, що розраховується за масовим показником (K_m, г/(м^2×год)) для залежностей, отриманих при дослідженнях в м'яких умовах (t=20 °С, періодичне перемішування при 100 об/хв.) представлені в табл. 1, а для залежностей, отриманих при

дослідженнях в жорстких умовах (t=50 °C, постійне перемішування при 500 об/хв., аерація 1,5 дм^3/хв.), представлені в табл. 2.

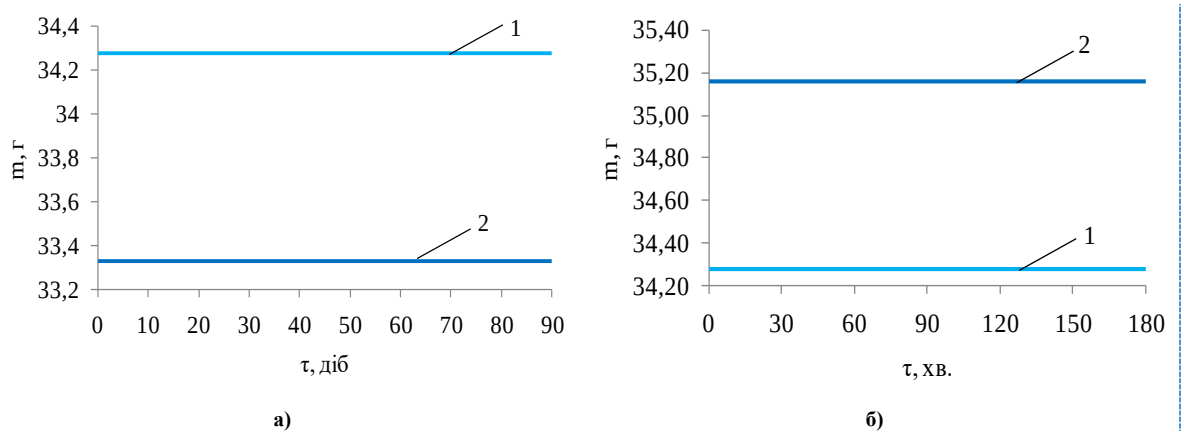

Рис. 4. Залежність m від τ для м'яких (а) та жорстких (б) умов: 1 - для ДФ+0,5% NaCl + 1% 1,3-дифенілтриазен; 2 - для ДФ+0,5% NaCl

Представлені в табл. 1-2 рівняння регресії, в відповідності до значень коефіцієнтів достовірності апроксимації (R^2 =0,8000÷0,9894) адекватно описують зміну маси досліджуваних металевих пластин від часу їх перебування у модельному середовище.

Швидкість корозії, що розраховується за масовим показником (K_m) підтверджує, що сумісний вплив декількох факторів, призводить до більш суттєвих корозійних уражень поверхонь металевих пластин ($0,56\times10^{-2}\div1,07\times10^{-2}$ г/(м^2×год)), в порівнянні з дослідженнями, проведеними в м'яких умовах ($0,94\times10^{-4}\div5,16\times10^{-4}$ г/(м^2×год)), наприклад лише під впливом агресивного агенту, який знаходиться в модельному середовищі. Це пов'язано, насамперед, з тим, що накладення декількох факторів один на одний, призводить до посилення корозійних процесів в системі, що неодмінно, треба враховувати при лабораторних дослідженнях.

Таблиця 1 – Рівняння регресії для залежностей, отриманих в статичних умовах

Середовище	Рівняння регресії при p=0,95	R^2	K_m, г/(м^2×год)
Мідна пластинка			
ДФ+0,1% CH_3COOH	m = -1E-05×τ + 37,442	0,9675	$5,16\times10^{-4}$
ДФ+0,1% CH_3COOH +1% 1,3-дифенілтриазен	m =2E-06×τ + 36,736	0,9000	-
Сталева пластинка			
ДФ+0,1% CH_3COOH	m = -3E-06×τ + 34,278	0,8000	$0,94\times10^{-4}$
ДФ+0,1% CH_3COOH +1% 1,3-дифенілтриазен	m = 3E-06×τ + 35,162	0,8526	-
ДФ+0,5% NaCl	m = -8E-06×τ + 34,279	0,8727	$3,28\times10^{-4}$
ДФ+0,5% NaCl +1% 1,3-дифенілтриазен	m = 1E-06×τ + 33,332	0,8000	-

Таблиця 2 – Рівняння регресії для залежностей, отриманих в динамічних умовах

Середовище	Рівняння регресії при p=0,95	R^2	K_m, г/(м^2×год)
Мідна пластинка			
ДФ+0,1% CH_3COOH	m = -1E-05×τ + 37,44	0,9811	$1,07\times10^{-2}$
ДФ+0,1% CH_3COOH +1% 1,3-дифенілтриазен	m = 2E-06×τ + 36,736	0,8963	-
Сталева пластинка			
ДФ+0,1% CH_3COOH	m = -5E-06×τ + 34,278	0,8762	$0,56\times10^{-2}$
ДФ+0,1% CH_3COOH +1% 1,3-дифенілтриазен	m = 1E-06×τ + 35,162	0,8600	-
ДФ+0,5% NaCl	m = -1E-05×τ + 34,278	0,9894	$0,96\times10^{-2}$
ДФ+0,5% NaCl +1% 1,3-дифенілтриазен	m = 1E-06×τ + 35,162	0,8000	-

Висновки

Проведені нами дослідження свідчать про високу захисну здатність від корозії металевих поверхонь (мідь та сталь, марки 3) такого представника класу діазосполук, як 1,3-дифенилтриазен. Додавання до дизельної фракції 1 % мас. цієї речовини сприяє утворенню на металевій поверхні адсорбованої захисної плівки, яка перешкоджає контакту поверхні з корозійно-агресивними агентами (водний розчин 10% NaCl та розчин 97% CH_3COOH). Утворення захисної плівки відбувається навіть при жорстких умовах досліджень, про що свідчить як зміна кольору металевої пластини, відсутність на поверхні ознак корозії, так і незначний приріст її маси (в межах 0,0002÷ 0,0003 г).

Встановлено, що комплексна дія досліджених факторів сприяє виникненню більш глибоких корозійних процесів, поро які можна судити, спираючись на значення швидкості корозії (K_m), яка знаходиться в межах $0,56\times10^{-2}\div1,07\times10^{-2}$ г/(м^2×год), в порівнянні з дослідженнями, проведеними в статичних, м'яких умовах де $K_m = 0,94\times10^{-4}\div5,16\times10^{-4}$ г/(м^2×год).

Запропонований авторами підхід, що враховує комплексну дії декількох факторів (температуру, перемішування, аерацію та наявність у середовище корозійно-агресивного агенту), дозволяє адекватно, наближено до умов, які можуть виникати при реальній експлуатації об'єктів, оцінити ефективність застосування тієї, чи іншої хімічної речовини для захисту від корозії металевих поверхонь.

Література

1. Yuan W. Effects of environmental factors on corrosion behaviors of metal-fiber porous components in a simulated direct methanol fuel cell environment / Yuan W., Zhou B., Tang Y. et al. // Int J Miner Metall Mater. – 2014. -№ 21. – p. 913–918.

2. Groysman A. Corrosion problems and solutions in oil, gas, refining and petrochemical industry / A. Groysman // Koroze a ochrana materiálu. – 2017. - № 61(3). – p. 100-117.

3. Aquino I.P. Influence of light, temperature and metallic ions on biodiesel degradation and corrosiveness to copper and brass / I.P. Aquino, R.P.B. Hernandez, D.L. Chicoma, H.P.F. Pintoa, I.V. Aoki // Fuel. – 2012. -№ 102. – p. 795-807.

4.Puneet Verma . Impact of alcohol on biodiesel production and properties / Puneet Verma, M.P. Sharma, GauravDwivedi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. - № 56. – p. 319-333.

5. Wanli Liu. The effect of alcohol–gasoline fuel blends on the engines' performances and emissions / Wanli Liu, Mostafa Safdari Shadloo, Iskander Tlili, Akbar Maleki, Quang-Vu Bach // Fuel. – 2020. - № 276. – p. 117977.

6. Davannendran Chandran. Sustainability of water in diesel emulsion fuel: An assessment of its corrosion behaviour towards copper / Davannendran Chandran, Mohammad Khalid, Revathi Raviadaran, Harrison Lik,\ Nang Lau, Chee Liang Yung, Dinesh Kanesan, Mohammed Salim // Journal of Cleaner Production. – 2019. - № 220. - P. 1005-1013.

7. Nagornov S.A. Investigation of the hygroscopicity of motor fuels / Nagornov S.A., Zazulya A.N., Golubev I.G. // Machinery and Equipment for Rural Area. – 2018. - № 6. – P. 41-44.

8. Erin D. Mackey. Guidelines for Using Stainless Steel in the Water and Desalination Industries / Erin D. Mackey, Thomas F. Seacord // Journal AWWA. – 2017. - №109(5). – P. 158-169.

9. Min Cao. Influence of Temperature on Corrosion Behavior of 2A02 Al Alloy in Marine Atmospheric Environments / Min Cao, Li Liu, Lei Fan, Zhongfen Yu, Ying Li, Emeka E. Oguzie, Fuhui Wang // Materials (Basel). - 2018.- №11(2). - P. 235.

10. Quantum Chemical Analysis of the Corrosion Inhibition Potential by Aliphatic Amines / Szymon Malinowski, Michał Wróbel, Agnieszka Woszuk // Materials (Basel). – 2021. - 14(20). - 6197.

11. Nattawan Kladkaew. Studies on corrosion and corrosion inhibitors for amine based solvents for CO_2 absorption from power plant flue gases containing CO_2, O_2 and SO_2 / Nattawan Kladkaew, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul, Chintana Saiwan // Energy Procedia. – 2011. - №4. – P. 1761-1768.

12. Lukáš Matějovský. Efficiency of Steel Corrosion Inhibitors in an Environment of Ethanol–Gasoline Blends / Lukáš Matějovský, Jan Macák, Olga Pleyer, Petr Straka, Martin Stašcorresponding author // American Chemical Society. - 2019. - 4(5). – P. 8650–8660.

13. Xiaoyuan Lou. Role of water, acetic acid and chloride on corrosion and pitting behaviour of carbon steel in fuel-grade ethanol / Xiaoyuan Lou, Preet M. Singh // Corrosion Science. – 2010. -№ 52(7). – P. 2303-2315.

14. Ziad T. Khodair. Corrosion protection of mild steel in different aqueous media via epoxy/nanomaterial coating: preparation, characterization and mathematical views / Ziad T. Khodair, Anees A. Khadom, Hassan A. Jasim // Journal of Materials Research and Technology. - 2019. - №8(1). – P. 424-435.

References (transliterated)

1. Yuan W. Effects of environmental factors on corrosion behaviors of metal-fiber porous components in a simulated direct methanol fuel cell environment / Yuan W., Zhou B., Tang Y. et al. // Int J Miner Metall Mater. – 2014. -№ 21. – p. 913–918.

2. Groysman A. Corrosion problems and solutions in oil, gas, refining and petrochemical industry / A. Groysman // Koroze a ochrana materiálu. – 2017. - № 61(3). – p. 100-117.

3. Aquino I.P. Influence of light, temperature and metallic ions on biodiesel degradation and corrosiveness to copper and brass / I.P.

Aquino, R.P.B. Hernandez, D.L. Chicoma, H.P.F. Pintoa, I.V. Aoki // Fuel. – 2012. -№ 102. – p. 795-807.

4.Puneet Verma . Impact of alcohol on biodiesel production and properties / Puneet Verma, M.P. Sharma, GauravDwivedi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. - № 56. – p. 319-333.

5. Wanli Liu. The effect of alcohol–gasoline fuel blends on the engines' performances and emissions / Wanli Liu, Mostafa Safdari Shadloo, Iskander Tlili, Akbar Maleki, Quang-Vu Bach // Fuel. – 2020. - № 276. – p. 117977.

6. Davannendran Chandran. Sustainability of water in diesel emulsion fuel: An assessment of its corrosion behaviour towards copper / Davannendran Chandran, Mohammad Khalid, Revathi Raviadaran, Harrison Lik,\ Nang Lau, Chee Liang Yung, Dinesh Kanesan, Mohammed Salim // Journal of Cleaner Production. – 2019. - № 220. - P. 1005-1013.

7. Nagornov S.A. Investigation of the hygroscopicity of motor fuels / Nagornov S.A., Zazulya A.N., Golubev I.G. // Machinery and Equipment for Rural Area. – 2018. - № 6. – P. 41-44.

8. Erin D. Mackey. Guidelines for Using Stainless Steel in the Water and Desalination Industries / Erin D. Mackey, Thomas F. Seacord // Journal AWWA. – 2017. - №109(5). – P. 158-169.

9. Min Cao. Influence of Temperature on Corrosion Behavior of 2A02 Al Alloy in Marine Atmospheric Environments / Min Cao, Li Liu, Lei Fan, Zhongfen Yu, Ying Li, Emeka E. Oguzie, Fuhui Wang // Materials (Basel). - 2018.- №11(2). - P. 235.

10. Quantum Chemical Analysis of the Corrosion Inhibition Potential by Aliphatic Amines / Szymon Malinowski, Michał Wróbel, Agnieszka Woszuk // Materials (Basel). – 2021. - 14(20). - 6197.

11. Nattawan Kladkaew. Studies on corrosion and corrosion inhibitors for amine based solvents for CO_2 absorption from power plant flue gases containing CO_2, O_2 and SO_2 / Nattawan Kladkaew, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul, Chintana Saiwan // Energy Procedia. – 2011. - №4. – P. 1761-1768.

12. Lukáš Matějovský. Efficiency of Steel Corrosion Inhibitors in an Environment of Ethanol–Gasoline Blends / Lukáš Matějovský, Jan Macák, Olga Pleyer, Petr Straka, Martin Stašcorresponding author // American Chemical Society. - 2019. - 4(5). – P. 8650–8660.

13. Xiaoyuan Lou. Role of water, acetic acid and chloride on corrosion and pitting behaviour of carbon steel in fuel-grade ethanol / Xiaoyuan Lou, Preet M. Singh // Corrosion Science. – 2010. -№ 52(7). – P. 2303-2315.

14. Ziad T. Khodair. Corrosion protection of mild steel in different aqueous media via epoxy/nanomaterial coating: preparation, characterization and mathematical views / Ziad T. Khodair, Anees A. Khadom, Hassan A. Jasim // Journal of Materials Research and Technology. - 2019. - №8(1). – P. 424-435.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Троценко Олександр Володимирович (Троценко Александр Владимирович, Trotsenko Aleksander Volodymyrovych) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант; м. Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4819-4663; e-mail: trocenko.alexandr@gmail.com

Григоров Андрій Борисович, (Григоров Андрей Борисович, Grigorov Andriy Borysovych) – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технологія переробки нафти, газу та твердого палива; м. Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5370-7016; e-mail: grigorovandrey@ukr.net.