

Прокоф'єва Г.М., канд. хім. наук, **Писаненко Д.А.**, канд. техн. наук,
Сенник А.С., аспірант, **Кныш Н.В.**

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ
просп. Перемоги, 37, корпус 4, 03056 Київ, Україна, e-mail: nadya_kv@ukr.net*

Дослідження екологічно чистих технічних мийних засобів

Відкладення на внутрішніх елементах газоповітряних трактів через активацію корозійних та ерозійних процесів призводять до значної втрати їх потужності, сприяють збільшенню енерговитрат, зниженню експлуатаційної надійності установок. У зв'язку з цим актуальною є розробка технічних мийних засобів на основі екологічно безпечних поверхнево-активних речовин та неорганічних інгредієнтів, що не містять імпортованих дефіцитних пожежонебезпечних світлих нафтопродуктів, а також відрізняються високою мийною здатністю та низькою корозійною активністю. Розроблено ефективні та безфосфатні екологічно безпечні технічні мийні засоби на основі полімерних неіоногенних поверхнево-активних речовин, як такі розглянуто композиційну поверхнево-активну речовину поліфункційної дії CF-10. За методами спектрофотометрії, ІЧ-спектроскопії, електронного парамагнітного резонансу, електрохімічного поляризаційного опору досліджено взаємодію неіоногенних поверхнево-активних речовин з інгредієнтами забруднень газотурбінних агрегатів. *Бібл. 10, рис. 4.*

Ключові слова: технічний мийний засіб, поверхнево-активні речовини, світлопоглинання, поляризаційний опір.

Перспективними напрямками експлуатації компресорної техніки хімічної, газової, нафтохімічної, машинобудівної, авіаційної та інших галузей промисловості є своєчасне видалення аерозольних забруднень з поверхонь елементів обладнання. Проведені дослідження з визначення впливу шорсткості забруднень та товщини їх шару показали, що зниження ККД компресорів відбувається практично пропорційно росту відносної шорсткості на 6–9 %. Подальше зниження ККД внаслідок зростання товщини шару забруднення становить 20–30 %. Це призводить не тільки до зменшення потужності обладнання, а й до зниження довгостроковості його експлуатації.

Запобігання цим негативним наслідкам сприяє видалення забруднень фізико-хімічними способами, серед яких найбільш ефективним є безрозбірний промивка технічними мийними засобами (ТМЗ). Від ефективності ТМЗ залежить висока мийна здатність, яка забезпечує зниження витрат мийного засобу, часу простою обладнання при його промивці та ремонті, низьку корозійну активність, що збільшує час служіння обладнання, можливість проведення процесу в низькому температурному режимі [1–5]. При цьому актуальним є максимальне зниження безпечності, що досягається оптимальним піноутворенням, низьким вмістом інгредієнтів у ТМЗ, можливістю його

багаторазового використання з подальшою регенерацією відпрацьованих розчинів [6, 7].

Мета даного дослідження — встановлення можливості модифікування розроблених нами раніше ТМЗ інгредієнтами поліфункційної дії.

Одним з основних напрямків вдосконалення діючих та розробки ефективних нових ТМЗ є введення до їх складу інгредієнтів поліфункційної дії. З цього погляду особливий інтерес становить композиційна поверхнево-активна речовина (ПАР) поліфункційної дії CF-10, яка може сприяти комплексоутворюючим та антикорозійним властивостям мийних композицій. Введення іншого компоненту ТМЗ не має призводити до зменшення якості базового ТМЗ.

Експериментальні дослідження здійснювали за різними фізико-хімічними методами (спектрофотометрія, ІЧ-спектроскопія, метод електронного парамагнітного резонансу, метод електрохімічного поляризаційного опору) [8]. Була розглянута поведінка іонів Fe(III) у системах з CF-10 [9].

Попередні дослідження складу забруднень на елементах компресорної техніки та двигунів показали переважний вміст у них заліза, яке у процесі промивки перебуває у вільному та іонному станах, що може сприяти утворенню тонкодисперсних повторних відкладень.

Теоретичний та практичний інтерес становило виявлення взаємодії Fe(III) саме з цими ПАР поліфункційної дії. Важливим при цьому було встановлення концентраційних умов, за яких відбувається найповніше зв'язування іонів Fe(III) з CF-10. Встановлена залежність $A = f(\lambda)$ розчинів Fe(III) – CF-10 при різному вмісті CF-10 (рис.1).

Спектрофотометричні дослідження показують, що електронні спектри сполук Fe(III) з CF-10 характеризуються двома смугами світлопоглинання, які знаходяться в ультрафіолетовій області при $\lambda = 270$ нм та $\lambda = 290$ нм.

Математична обробка результатів залежності $A = f([CF-10])$ у системі Fe(III) – CF-10 за методом обмеженого логарифмування Бента-Френча дала можливість по тангенсу кута нахилу залежності $\lg(A/(A_0 - A)) = f(\lg([CF-10]))$, що дорівнює кількості координуємих іонів ПАР, встановити утворення простої комплексної сполуки з Fe(III) : CF-10 = 1 : 1 (рис.2).

За спектрофотометричним методом також досліджено потрійну систему Fe(III) – CF-10 – інгредієнт базового ТМЗ. Результати досліджень показали, що введення CF-10 сприяє

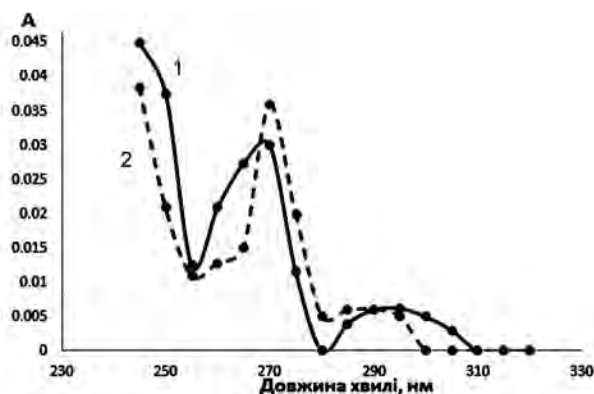


Рис.1. Залежність світлопоглинання A від довжини хвилі для системи Fe(III) – CF-10 з концентрацією $[Fe(III)] = 1 \cdot 10^{-5}$ % (мас.) = const та $[CF-10] = 1 \cdot 10^{-4}$ (1); $1 \cdot 10^{-3}$ (2).

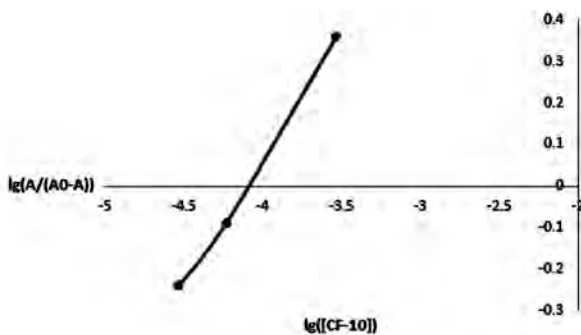


Рис.2. Залежність $\lg(A/(A_0 - A)) = f(\lg([CF-10]))$ для системи Fe(III) – CF-10.

зменшенню вмісту інгредієнтів базового ТМЗ, та солевмісту розробленого ТМЗ. Було встановлено утворення в потрійній системі Fe(III) – CF-10 – інгредієнт базового ТМЗ сполуки зі співвідношенням 1 : 1 : 1.

Підтвердженню комплексоутворення у цій системі сприяло синтезування комплексних сполук у твердому стані. Дослідження ІЧ-спектрів чистого CF-10 та синтезованих комплексних сполук у системі Fe(III) – CF-10 показує, що одержані результати характеризуються зменшенням та зміщенням валентних та деформаційних характеристичних смуг світлопропускання для бензольного кільця $\nu = 3040, 1613, 1513$ cm^{-1} та відбувається зміщення смуг CH_3 -груп з 1460 до 1453 cm^{-1} та з 793 до 740 cm^{-1} .

При утворенні комплексної сполуки характеристична смуга ОН-групи при $\nu = 3500$ cm^{-1} зміщується в область менших частот з $\nu = 3440$ cm^{-1} та стає більш інтенсивною, що може бути обумовлено взаємодією CF-10 з частково гідратованими іонами Fe(III), а саме: $Fe-O^-$, та з'являється характеристична смуга $\nu = 520$ cm^{-1} .

Підтвердженням комплексоутворення є також зменшення смуг при $\nu = 1973, 1300$ cm^{-1} , зникнення смуги коливань при $\nu = 1727$ cm^{-1} , розщеплення та розширення смуг з частотою коливань $\nu = 1640, 1360$ cm^{-1} .

При концентрації CF-10 $1 \cdot 10^{-3}$ % (мас.), процес взаємодії характеризується утворенням комплексних сполук з Fe(III) : CF-10 = 1 : 1.

Оскільки одним з напрямів вдосконалення діючих та розробки ефективних нових ТМЗ є введення до їх складу інгредієнтів поліфункційної дії, CF-10 має особливий інтерес: за даними попередніх дослідів, CF-10 виявляв антикорозійні властивості. Оскільки провідність водного розчину є недостатньою для реєстрованих значень поляризаційного опору, нами було проведено дослідження залежності $R_p = f(\tau)$ для розчинів CF-10 у присутності сульфату натрію як електролітного провідника. Вибір Na_2SO_3 пов'язаний із застосуванням його як антиоксиданта у складі ТМЗ «КПІ-ТНР» для забезпечення багатократного використання мийної композиції. За отриманими даними спостерігається зростання поляризаційного опору з часом, що свідчить про зменшення швидкості корозії (рис.3). Швидкість корозії для системи CF-10 – Na_2SO_3 складає $I_c = 0,79 : 1150,83 = 6,87 \cdot 10^{-4}$ мм/рік.

Зв'язування іонів Fe(III) підтверджується порівнянням світлопоглинання у системі CF-10 – Na_2SO_3 до та після зняття поляризаційного опору (рис.4). В результаті корозії внаслідок комплексоутворення оптична густина значно зростає.

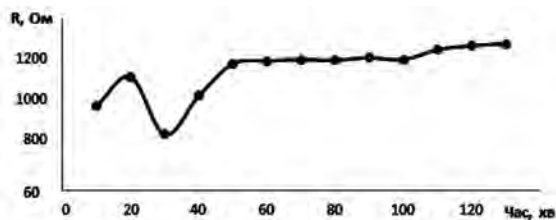


Рис.3. Залежність поляризаційного опору від часу для системи Na_2SO_3 – CF-10 з концентрацією $[\text{Na}_2\text{SO}_3] = 1 \cdot 10^{-3} \%$ (мас.) та $[\text{CF-10}] = 1 \cdot 10^{-3} \%$ (мас.).

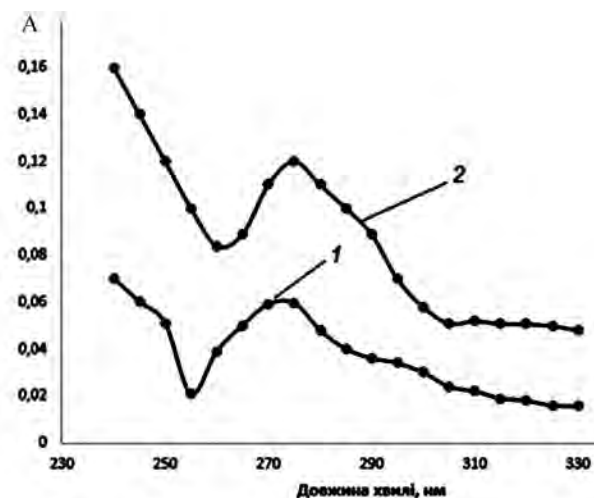


Рис.4. Залежність світлопоглинання від довжини хвилі для системи Na_2SO_3 – CF-10 з концентрацією $[\text{Na}_2\text{SO}_3] = 1 \cdot 10^{-3} \%$ (мас.) та $[\text{CF-10}] = 1 \cdot 10^{-3} \%$ (мас.) до (1) та (2) після процесу корозії.

Дослідження мийних властивостей модифікованого ТМЗ показало, що найбільша його ефективність досягається при складі ТМЗ, що відповідає оптимальним умовам комплексотворення. При цьому іони Fe(III) зв'язуються у розчинені комплекси сполук, що попереджує процеси ресорбції. Досліджений ТМЗ із позитивним результатом пройшов промислові випробування.

Висновки

Досліджено можливість отримання екологічно безпечного безфосфатного технічного мийного засобу модифікацією раніше розробленого ТМЗ виведенням з його складу біологічно слабोरозкладаємої ПАР (ОП-10) та виведенням

інгредієнта – композиційної ПАР поліфункційної дії CF-10.

За різними фізико-хімічними методами (спектрофотометрії, ІЧ-спектроскопії, парамагнітного резонансу, електрохімічного поляризаційного опору) досліджений склад аерозольних відкладень, що утворюються на елементах проточної частини компресорів газотурбінних установок. Встановлено, що переважним катіоном відкладень є Fe(III) .

Проведено спектрофотометричне дослідження взаємодії у системах Fe(III) – інгредієнт ТМЗ, Fe(III) – CF-10 – інгредієнт базового ТМЗ. Встановлено утворення комплексних сполук зі співвідношеннями $\text{Fe(III)} : \text{CF-10} = 1 : 1$ та $\text{Fe(III)} : \text{CF-10} : \text{інгредієнт базового ТМЗ} = 1 : 1 : 1$.

Запропоновано прогнозування складу ТМЗ, в основі якого лежить процес комплексотворення іонів Fe(III) з інгредієнтами ТМЗ.

Визначено швидкість корозії для системи CF-10 – Na_2SO_3 , яка складає $6,87 \cdot 10^{-4}$ мм/рік.

Список літератури

1. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М. : Высш. шк., 1990. 272 с.
2. Желиговская Н.Н., Черняев И.И. Химия комплексных соединений. М. : Химия, 1996. 384 с.
3. Амбразон А.А. Поверхностно-активные вещества. М. : Химия, 1981. 304 с.
4. Штюпль Г. Синтетические моющие средства. М. : Химия, 1960. 656 с.
5. Гринбер А.А. Введение в химию комплексных соединений. М. : Химия, 1986. 318 с.
6. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. СПб. : Профессия, 2004. 240 с.
7. Ковалев В.М., Петренко Д.С. Технология производства синтетических моющих средств. М. : Химия, 1988. 360 с.
8. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа : Пер. с англ. М. : Мир, 1989. 608 с.
9. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Коррозия под действием теплоносителей, хладагентов и рабочих тел : Справ. / Под ред. А.М.Сухотина. Л. : Химия, 1988. 360 с.
10. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М. : Мир, 1965. 220 с.

Надійшла до редакції 12.01.18

Прокофьева Г.М., канд. техн. наук, **Писаненко Д.А.**, канд. техн. наук,
Сенник А.С., аспирант, **Кныш Н.В.**

Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского, Киев
просп. Победы, 37, корпус 4, 03056 Киев, Украина, e-mail: nadya_kv@ukr.net

Исследование экологически чистых технических моющих средств

Отложения на внутренних элементах газоздушных трактов из-за активации коррозионных и эрозийных процессов приводят к значительной потере мощности, способствуют увеличению энергозатрат, снижению эксплуатационной надежности установок. В связи с этим актуальной является разработка технических моющих средств на основе экологически безопасных поверхностно-активных веществ и неорганических ингредиентов, не содержащих импортных дефицитных пожароопасных светлых нефтепродуктов, а также отличаются высокой моечной способностью и низкой коррозионной активностью. Разработаны эффективные и бесфосфатные экологически безопасные технические моющие средства на основе полимерных неионогенных поверхностно-активных веществ, в качестве которых рассмотрено композиционное поверхностно-активное вещество полифункционального действия CF-10. Методами спектрофотометрии, ИК-спектроскопии, электронного парамагнитного резонанса, электрохимического поляризационного сопротивления исследовано взаимодействие неионогенных поверхностно-активных веществ с ингредиентами загрязнений газотурбинных агрегатов. *Библ. 10, рис. 4.*

Ключевые слова: техническое моющее средство, поверхностно-активные вещества, светопоглощение, поляризационное сопротивление.

Prokofyeva G.M., Candidate of Technical Sciences,
Pisanenko D.A., Candidate of Technical Sciences,
Sennik A.S., PhD Student, **Knysh N.V.**

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kiev
37, Peremogy Ave., Build. 4, 03056 Kiev, Ukraine, e-mail: nadya_kv@ukr.net

Research of Environmentally Clean Technical Detergents

Problematic places in the modern economy is reckless depletion of natural resources, raw materials and fuels, excessive using of energy and environmental issues. Solving these issues in the gas and chemical industry achieved by preventing formation of the deposits on the compressor's elements, and also implementation of the non-waste and low-waste productions and alternative energy sources. The deposits on the internal elements of the gas-air channels results in a significant loss of power, increases energy costs, reduces operational reliability of plants, through the activation of corrosion and erosion. So actual is development of technical detergents based on environmentally friendly surfactants and inorganic ingredients that do not contain deficit fire dangerous light oils, and also have high washing ability and low corrosion activity. Effective and non-phosphatic ecologically safe technical detergents (TD) based on polymeric non-ionic surfactants have been developed, as the composite surfactant of multifunctional action CF-10 is considered. The interaction of nonionic surfactants with the ingredients of the contamination of gas turbine aggregates was studied by various physicochemical methods (spectrophotometry, IR spectroscopy, electron paramagnetic resonance, electrochemical polarization resistance method). *Bibl. 10, Fig. 4.*

Key words: technical detergent, surfactants, light absorption, polarization resistance.

References

1. Kostromina N.A., Kumok V.N., Skoryk N.A. [Chemistry of coordination compounds]. Moscow : Vysshaya shkola, 1990. 272 p. (Rus.)
2. Zheligovskaya N.N., Chernyaev I.I. [Chemistry of complex compounds]. Moscow : Himiya, 1996. 384 p. (Rus.)
3. Ambrazon A.A. [Surface active agents]. Moscow : Himiya, 1981. 304 p. (Rus.)
4. Shtyupl G. [Synthetic detergents]. Moscow : Himiya, 1960. 656 p. (Rus.)
5. Grinber A.A. [Introduction to the chemistry of complex compounds]. Moscow : Himiya, 1986. 318 p. (Rus.)
6. Lange K.R. [Surface-active substances: synthesis, properties, analysis, application]. Sankt-Peterburg : Professiya, 2004. 240 p. (Rus.)
7. Kovalev V.M., Petrenko D.S. [Technology of production of synthetic detergents]. Moscow : Himiya, 1988. 360 p. (Rus.)
8. Yuing G. [Instrumental methods of chemical analysis] : Translate from English. Moscow : Mir, 1989. 608 p. (Rus.)
9. [Corrosion resistance of chemical production equipment. Corrosion under the action of coolants, coolants and working bodies]. Ed. A.M.Suhotina. Moscow : Himiya, 1988. 360 p. (Rus.)
10. Nakanisi K. [Infrared spectra and structure of organic compounds] : Translate from English. Moscow : Mir, 1965. 220 p. (Rus.)

Received January 12, 2018

Щиро вітаємо!
академіка НАН України
БОНДАРЕНКА БОРИСА ІВАНОВИЧА
та доктора технічних наук
СОРОКУ БОРИСА СЕМЕНОВИЧА
з присудженням Премії Президії Національної академії наук України
імені Н.Д.Толубинського



Наукові праці Б.І.Бондаренка та Б.С. Сороки, які відібрані до циклу публікацій, стосуються багатьох важливих аспектів перспективного використання палива та захисту навколишнього середовища. Для України обидва напрями мають особливе значення з огляду на обмеженість власних джерел первинної енергії та забрудненість довкілля.

Наукові результати, одержані на базі розвитку кінетичних механізмів горіння окремих поширених палив, а також термодинаміки використання паливоокислювальних сумішей довільного складу, в рамках цієї роботи прийняті за основу при створенні розрахункової програми визначення енергетичних властивостей газових палив та екологічних характеристик продуктів їхнього згорання.

Характерною ознакою роботи є кінцева практична спрямованість результатів проведення фундаментальних досліджень різних аспектів теорії горіння, у тому числі встановлення узагальнених чисельних закономірностей. Це дає змогу проводити інженерні розрахунки енергоефективних способів використання палива, пальникових пристроїв та теплоутилізаційних систем.

Редколегія