

*Т. М. Войтович, В. В. Ковалишин, д-р техн. наук, професор,
В. В. Кошеленко, канд. техн. наук, доцент
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ НА КОРОЗІЙНУ АКТИВНІСТЬ РОБОЧИХ РОЗЧИНІВ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ

Описано та наведено результати експериментального дослідження впливу інгібіторів корозії алкілімідозоліну і алкілімідозоліну М на корозійну активність ряду робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення. Наведено методику визначення ефективності цих інгібіторів корозії.

Виявлено, що швидкість корозії металевих пластин, які витримувались в розчинах з алкілімідозоліном і алкілімідозоліном М значно менша, ніж без інгібітора. Також за результатами випробувань з'ясовано, що при змінній температурі корозійна активність робочих розчинів піноутворювачів більша, ніж із випробуваннями при кімнатній температурі. Результати дослідження можуть бути використані для розробки повітряно-пінних вогнегасників, а також під час експлуатації стаціонарних установок пінного пожежогасіння.

Ключові слова: піноутворювач, інгібітор корозії, алкілімідозолін, алкілімідозолін М.

Т. М. Voitovych, V. V. Kovalyshyn, V. V. Koshelenko

RESEARCH ON INFLUENCE OF CORROSION INHIBITORS ON CORROSION ACTIVITY OF WORKING SOLUTIONS OF FOAMING AGENTS

The results of experimental research on influence of corrosion inhibitors alkilimidozolin and alkilimidozolin M on corrosion activity of some working solutions of foaming agents of general and special purpose are described. The method of determining the effectiveness of these corrosion inhibitors is proposed.

During the research, it was determined that the rate of corrosion of metal plates, which were kept in solutions with alkilimidozolin and alkilimidozolin M is much lower, than similar rate for solutions, which do not contain inhibitors. Also, according to the test results, corrosion activity of working solutions of foaming agents is higher in changing temperature, compared to the one, observed during tests conducted in regular room temperature. Research results can be used to develop and create new air foam fire extinguishers, and for the usage of stationary foam extinguishing systems.

Key words: foaming agent, corrosion inhibitor, alkilimidozolin, alkilimidozolin M.

Вступ. Зазвичай, піноутворювачі зберігаються на підприємствах, в установах, організаціях у вигляді робочих розчинів, уже готових до оперативного застосування. Вони можуть знаходитись у повітряно-пінних вогнегасниках, а також посудинах систем автоматичного пожежогасіння, що виготовлені із металу чи залізобетону. При тривалому такому зберіганні, знижується вогнегасна ефективність піноутворювачів і значно погіршуються їх властивості, що пов'язане з явищем корозії [2].

Постановка проблеми. Проблему корозійної активності вогнегасних речовин можна вирішити кількома способами. По-перше – виготовляти посудини систем автоматичного пожежогасіння і корпус вогнегасника з нержавіючої сталі. Також можна зберігати піноутворювач в концентрованому вигляді в окремій посудині, тобто він буде змішуватись з водою лише в момент застосування, від чого корозійна активність розчину буде меншою. Ще одним способом є обробка внутрішніх поверхонь корпусів повітряно-пінних вогнегасників полімерним, зокрема, епоксидним покриттям.

Ці заходи, звичайно, ефективні, але мають ряд недоліків. У варіанті покриття вогнегасника зсередини захисним покриттям немає гарантій, що воно буде якісним і з часом не відшарується, а також залишиться цілісним після падінь, ударів тощо. При цьому найбільшою проблемою є те, що перевірити стан покриття всередині вогнегасника, залишивши його в робочому стані, неможливо. Виготовляти корпуси вогнегасника з нержавіючої сталі є звичайно найнадійнішим способом захисту від корозії, але він значно дорожчий [3].

Отож для вирішення цієї проблеми ми пропонуємо додавати до робочих розчинів піноутворювача інгібітори корозії – алкілімідозолін і алкілімідозолін М, завдяки яким знизиться вплив розчину на посудини для зберігання і, як наслідок, забруднення вогнегасної речовини продуктами корозії.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Знизити корозійну активність робочих розчинів піноутворювачів можна також введенням гідрофосфату амонію, що описано в роботах [4, 5, 6]. Як видно з результатів робіт, введення згаданої речовини до піноутворювачів «Пегас», «Сніжок-1», «ППЛВ-(Універсал)», «АFFF-106» знижує їх корозійну активність по відношенню до низьковуглецевої сталі в 1,3–4,2 раза залежно від виду піноутворювача. Автор [7] вивчив вплив інгібіторів корозії діамонійфосфату та динатрійфосфату, а також карбаміду і їх композицій на корозійну активність піноутворювачів «Синтек» і «Бар'єр-плівкоутворювальний». Як результат встановлено, що при додаванні 0,5% карбаміду в робочі розчини піноутворювачів з концентрацією 1% діамонійфосфату в складі, спостерігається синергічний ефект дії добавок, і корозійна активність розчину «Синтек» знижується в 8 разів, а «Бар'єр-плівкоутворювальний» – в 6 разів. Максимально можливе зниження корозійної активності розчинів піноутворювачів «Синтек» (в 1,5 раза) і «Бар'єр-плівкоутворювальний» (в 3 рази); з 1% динатрійфосфатом спостерігається при введенні карбаміду в кількості, що забезпечує концентрацію 0,25% і 0,5% відповідно.

Експериментальні дослідження, згідно з цією тематикою проводились також автором [8]. У своїй роботі він дослідив корозійну активність зразків водних вогнегасних речовин відносно вуглецевої сталі Ст3. Результати його досліджень показали, що значення корозійної активності для 1% розчину бінарної суміші Na_2SiO_3 та K_2CO_3 за мольного співвідношення 1:1 у 3,1 раза менше порівняно з водою без добавок.

Метою нашого дослідження є визначення корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів без інгібітора, а також з додаванням інгібіторів корозії алкілімідозоліну та алкілімідозоліну М.

Методика проведення випробувань. Дослідження з визначення корозійної активності водних розчинів вогнегасних речовин проводяться гравіметричним методом, який описаний в нормативних документах [9, 10] і полягає у визначенні середньої швидкості втрати маси металевих пластини марки Ст3, занурених у корозійне середовище протягом 30 діб.

Середню питому швидкість втрати маси пластини v_n ($\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{с}$) розраховують за формулою:

$$v_n = \frac{P}{S \cdot \tau} \quad (1)$$

де P – втрата маси пластини, кг;

S – площа поверхні контакту пластин з розчином вогнегасної речовини, м^2 ;

τ – тривалість експозиції пластини в розчині вогнегасної речовини, с.

Ще один метод визначення корозійної стійкості описаний в документі [11]. Його особливістю є проведення випробувань в динамічних умовах в апаратах для випробувань при атмосферному і підвищеному тиску.

Згадані вище методики визначення корозійної активності описані в нормативних документах, які затверджені ще у СРСР. Тобто необхідно оновити та удосконалити українську нормативну базу, яка стосується цієї проблематики, а також здійснювати адаптацію та апробацію європейських методик [2].

В наших випробуваннях було використано методику [12]. Для дослідження було взято зразки робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення: «БАРС S-1», «БАРС АFFF», «Пірена» та «Альпена».

Також проводились випробування з витримкою пластин при змінній температурі (табл. 1) у шафі-термостаті і у морозильній камері, згідно з ДСТУ 3675-98 [13].

Таблиця 1

Температурний цикл під час випробувань на вплив внутрішньої корозії

Стадія	Тривалість витримки, год	Температура, °С
1	24 ± 1	t _{min} *
2	Не менше 24	20 ± 5
3	24 ± 1	60 ± 5
4	Не менше 24	20 ± 5

*t_{min} – мінімальна температура експлуатації, відмаркована на вогнегаснику, з допустимим відхиленням (±3°C).

За результат визначення корозійної активності ми приймали середнє арифметичне значення результатів двох паралельних вимірювань.

Допустима розбіжність між результатами паралельних вимірювань, які отримані за однакових умов випробувань з довірчою імовірністю 0,95, не перевищувала ±10% відносно середнього арифметичного значення.

Результати випробувань. Провівши лабораторні дослідження, результати яких наведені у табл. 2, встановлено, що швидкість корозії металевих пластин у робочих розчинах піноутворювачів з інгібіторами значно менша, ніж корозія у розчинах піноутворювачів без інгібіторів.

Таблиця 2

Результати випробувань з визначення корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів

№	Піноутворювач	Концентрація піноутворювача в робочому розчині, %	Інгібітор корозії	Кількість інгібітора корозії на 1 л робочого розчину піноутворювача, г	Температура випробування	Швидкість корозії, кг/(м ² ·с), 10 ⁻⁸
1.	БАРС S-1	6	алкілімідозолін М	1	змінна	0,68±0,02
2.	БАРС S-1	6	алкілімідозолін	1	змінна	1,12±0,06
3.	БАРС S-1	6	–	–	змінна	3,42±0,05
4.	БАРС S-1	6	алкілімідозолін М	1	кімнатна	0,1±0,01
5.	БАРС S-1	6	алкілімідозолін	1	кімнатна	0,45±0,02
6.	БАРС S-1	6	–	–	кімнатна	1,82±0,05
7.	БАРС АFFF	6	алкілімідозолін М	1	кімнатна	0,07±0,01
8.	БАРС АFFF	6	алкілімідозолін	1	кімнатна	0,45±0,02
9.	БАРС АFFF	6	–	–	кімнатна	0,84±0,02
10.	Пірена	6	алкілімідозолін М	1	кімнатна	0,3±0,01
11.	Пірена	6	алкілімідозолін	1	кімнатна	0,44±0,03
12.	Пірена	6	–	–	кімнатна	1,58±0,29

Отримані залежності швидкості корозії робочих розчинів піноутворювачів від інгібітора корозії наочніше представлені на рис. 1.

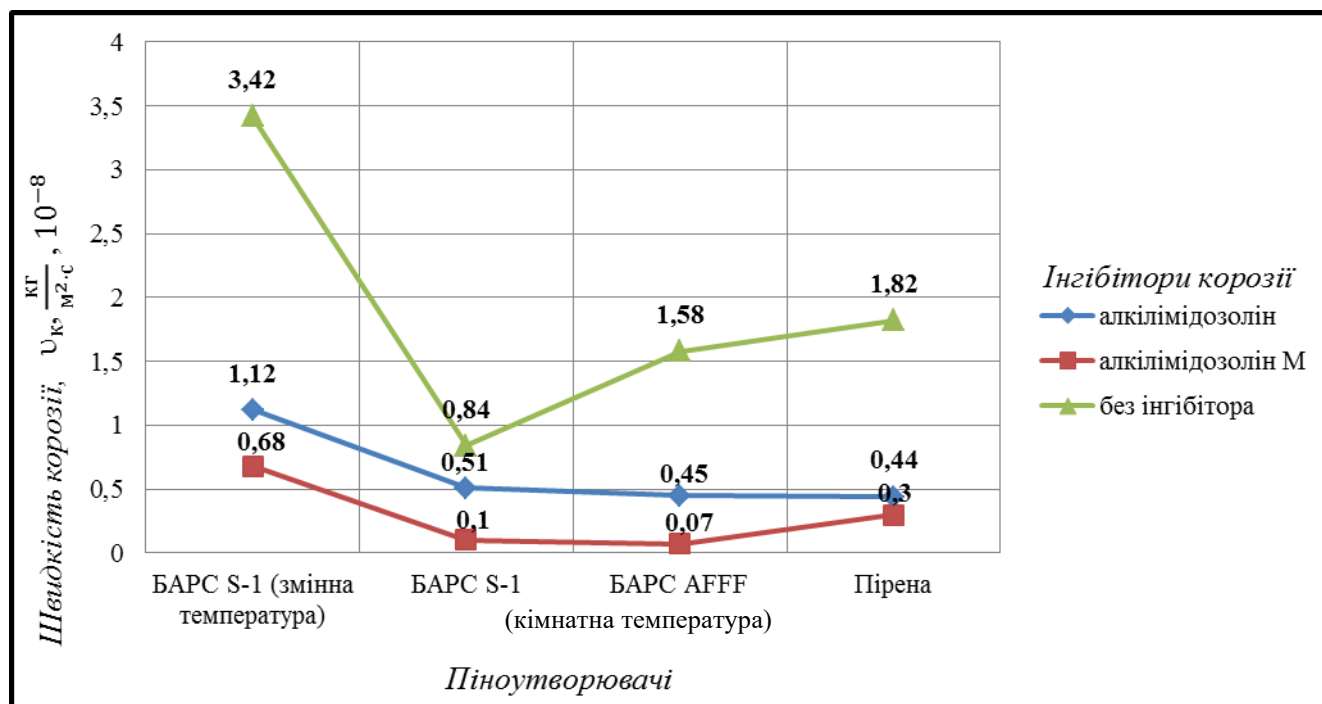


Рисунок 1 – Залежність швидкості корозії робочих розчинів піноутворювачів від інгібітора корозії

З рис. 1 видно, що при змінній температурі корозійна активність робочого розчину піноутворювача «Барс S-1» значно зростає порівняно із випробуваннями при кімнатній температурі. Це дає підставу щодо доцільності випробувань при змінних умовах, адже температура приміщень, в яких зберігаються готові робочі розчини піноутворювачів може коливатись.

Таким чином, ми удосконалили згадану вище методику [12] визначення корозійної активності водних розчинів вогнегасних речовин і склали методику-програму цих випробувань [14].

Також з аналізу результатів видно, що інгібітор корозії алкілімідозолін М у всіх випробуваннях проявив себе краще, ніж інгібітор корозії алкілімідозолін (табл. 3).

Таблиця 3

Зміна швидкості корозії металевих пластин у середовищі з інгібітором порівняно з середовищем без інгібітора

№	Назва піноутворювача	Зменшення швидкості корозії з інгібітором	
		Алкілімідозолін	Алкілімідозолін М
1.	BARC S-1 (змінна температура)	у 3,1 раза	у 5 разів
2.	BARC S-1	у 1,6 раза	у 8,4 раза
3.	BARC AFFF	у 3,5 раза	у 22,6 раза
4.	Пірена	у 4,1 раза	у 6,1 раза

Ще одним етапом випробувань була витримка робочих розчинів піноутворювачів «Альпена» і «Барс S-1» у герметично закритих корпусах вогнегасників протягом 30 діб з додаванням інгібітора корозії алкілімідозоліну М. В результаті чого встановлено, що швидкість корозії робочих розчинів піноутворювачів з додаванням алкілімідозоліну М зменшує швидкість корозії у 1,4–1,7 раза.

Висновки. У результаті експериментальних досліджень з однаковими концентраціями (6%) піноутворювачів «БАРС S-1», «БАРС АFFF», «Пірена», «Альпена» в робочих розчинах, до яких додали однакові кількості інгібіторів корозії (1 г на 1 л робочого розчину піноутворювача), встановлено, що:

- корозійна активність робочих розчинів піноутворювачів з додаванням інгібіторів корозії алкілімідозоліну і алкілімідозоліну М значно зменшується;
- при змінній температурі корозійна активність робочого розчину піноутворювача «Барс S-1» значно зростає, порівняно із випробуваннями при кімнатній температурі;
- у всіх випробуваннях інгібітор корозії алкілімідозолін М проявив себе краще, ніж алкілімідозолін.

Список літератури:

1. Боровиков, В. О. Проблемні питання застосування піноутворювачів для гасіння пожеж / В.О. Боровиков // Бизнес и безопасность. 2003. – №4. – С. 75–78.
2. Войтович, Т. М. Аналіз досліджень та існуючих методик, що стосуються зниження корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів / Т. М. Войтович // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності : зб. наук. праць XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів: [в 2 ч.]. Ч. 1. – Львів: ЛДУ БЖД, 2017. – С. 16–18.
3. Войтович, Т. М. Дослідження впливу інгібіторів на зниження корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів / Т. М. Войтович // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. – С. 181.
4. Кісіль, Т. Є. Зниження корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів / Т. Є. Кісіль, В. В. Ковалишин, В. О. Боровиков, А. В. Антонов // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Львів: ЛППБ, 2004. – № 4. – С. 49–56.
5. Кісіль, Т. Є. Застосування карбаміду та гідрофосфату амонію з метою покращення показників якості зарядів повітряно-пінних вогнегасників і установок пінного пожежогасіння / Т. Є. Кісіль, В. О. Боровиков, М. В. Білошицький та ін. // Науковий вісник УкрНДПБ: Наук. журнал. – К., УкрНДПБ МНС України. – 2004. – №1(9). – С. 79-91.
6. Козяр, Н. М. Підвищення ефективності застосування водних та водопінних вогнегасних речовин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 21.06.02 “Пожежна безпека” / Козяр Назар Михайлович ; ЛДУБЖД. – Львів, 2009.– 22 с.
7. Навроцкий, О. Д. Исследование коррозионной активности пенообразующих составов для тушения пожаров / О. Д. Навроцкий, Ю. В. Заневская, В. К. Емельянов, Т. С. Васькович. // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2010. – № 1(21) – С. 153–159.
8. Балло, Я. В. Підвищення ефективності роздільних від господарсько-питного водопроводу систем водяного пожежогасіння висотних будинків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 21.06.02 “Пожежна безпека” / Балло Ярослав В’ячеславович ; ЛДУБЖД. – Львів, 2017. – 21 с.
9. ГОСТ 9.502-82 Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний.
10. НПБ 305-2001 Пожарная техника. Заряды к воздушно-пенным огнетушителям и установкам пенного пожаротушения. Общие технические требования. Методы испытаний.
11. ГОСТ 9.506-87 Ингибиторы коррозии металлов в водно-нефтяных средах.
12. Методика №2000/2-ПУ-13 «Визначення корозійної активності водних розчинів вогнегасних речовин». – Київ: УкрНДПБ МНС України, 2000. – 5 с.
13. ДСТУ 3675-98. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
14. Методика-програма проведення випробувань «Визначення корозійної активності водних розчинів вогнегасних речовин». – Львів: ЛДУБЖД, 2017. – 5 с.

15. Антонов, А. В. Вогнегасні речовини : Навчальний посібник / А. В. Антонов, В. О. Боровиков, В. П. Орел, В. М. Жартовський, В. В. Ковалишин. – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.

References:

1. Borovykov, V. O. (2003), “Problematic issues of application of foaming agent for extinguishing fires”, *Biznes i bezopasnost'*, no. 4, pp. 75–78.

2. Voitovych, T. M. (2017), “Analysis of researches of existing methodologies which relating to decrease corrosion activity of working solutions of foaming agents”, *Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttyedyal'nosti : zbirnyk naukovykh prats' XII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv* [Problems and Prospects of Life Safety Development : collection of scientific works of XII International Scientific Conference of Young Scientists, Cadets and Students], Lviv State University of Life Safety, March 23-24, 2017, pp. 16–18.

3. Voitovych, T. M. (2017), “Research of influence of inhibitors to reduce the corrosion activity of working solutions of foaming agent”, *Teoriya i praktyka hasynnya pozhezh ta likvidatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy : materialy VIII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Theory and practice of firefighting and emergency response : Proc. 8th Int. Conf.], Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine, May 17-18, 2017, pp. 181.

4. Kisil, T. Ye., Kovalyshyn, V. V., Borovykov, V. O. and Antonov, A. V. (2004) “Reducing the corrosive action of working solutions of foaming agent”, *Pozhezhna bezpeka*, no. 4, pp. 49–56.

5. Kisil, T. Ye., Borovykov, V. O., Biloshytskyi, M. V. and other (2004) “The application of carbamide and of diammonium phosphate in order to improve quality scores of charges of air foam fire extinguishers and of foam extinguishing systems”, *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, no. 1(9), pp. 79-91.

6. Koziar, N. M. (2009), “Improving the effectiveness of application of water and water-foam fire-extinguishing agents”. Thesis abstract ... Cand. Sc. (Fire safety.). 21.06.02, Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine.

7. Navrotskyi, O. D., Zanevskaya, Ya. V., Yemelianov, V. K. and Vaskovich, T. S. (2010) “Investigation of the corrosion activity of foam-forming compounds for extinguishing fires”, *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, no. 1(21), pp. 153–159.

8. Ballo, Ya. V. (2017), “Raising efficiency of firewater system separate from drinking water system in high-rise buildings”. Thesis abstract ... Cand. Sc. (Fire safety.). 21.06.02, Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine.

9. GOST 9.502-82. Unified system of corrosion and ageing protection. Inhibitors of metals corrosion for aqueous systems. Methods of corrosion tests.

10. NPB 305-2001. Fire engineering. Charge of foam extinguishers and foam fire fighting systems. General technical requirements and test methods.

11. GOST 9.506-87. Corrosion inhibitor evaluation for metals in water – petroleum environments.

12. Methodology no. 2000 / 2-PP-13. *Determination of the corrosion activity of aqueous solutions of fire extinguishing agents* (2000), Kyiv, Ukraine: Fire Safety Research Institute (UkrFSRI) MES of Ukraine.

13. DSTU 3675-98. Fire trucks. Fire extinguisher. General technical requirements and test methods.

14. Methodology of conducting tests. *Determination of the corrosion activity of aqueous solutions of fire extinguishing agents* (2017), Lviv, Ukraine: Lviv State University of Life Safety.

15. Antonov, A. V., Borovykov, V. O., Orel, V. P., Zhartovskyi, V. M. and Kovalyshyn, V.V. (2004) *Vohnehasni rehovyny : Navchalnyi posibnyk* [Extinguishing agents : Tutorial], Pozhinformtekhnika, Kyiv, Ukraine.

