

УДК 614.841.45

М. І. Копильний, В. Г. Бенедюк, І. С. Стилик, Т. Ю. Нижник, к. т. н., Я. В. Балло

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВНУТРІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПРОВОДУ ДОДАВАННЯМ ДО ВОДИ РІДКОГО НАТРІЄВОГО СКЛА

Приведено результати досліджень щодо впливу додавання до води рідкого натрієвого скла на процес швидкості утворення біологічного заростання на внутрішній поверхні протипожежного водопроводу, а також його вплив на вогнегасну ефективність під час гасіння вогнищ пожежі класу В тонкорозпиленими струменями.

Ключові слова: силікат натрію, біологічне заростання, вогнегасна ефективність, внутрішній протипожежний водопровід.

Стан питання. Рідке натрієве скло є водним розчином силікатів натрію. Як відомо, рідке натрієве скло широко застосовується у різноманітних системах технічного та централізованого водопостачання [3-5]. Додавання в невеликих концентраціях силікату натрію, дозволяє сповільнити процес хімічної корозії систем трубопроводів. На рисунку 2 наведено графік залежності вмісту силікату натрію у водному розчині на процес хімічної корозії сталевому трубопроводу за [6].

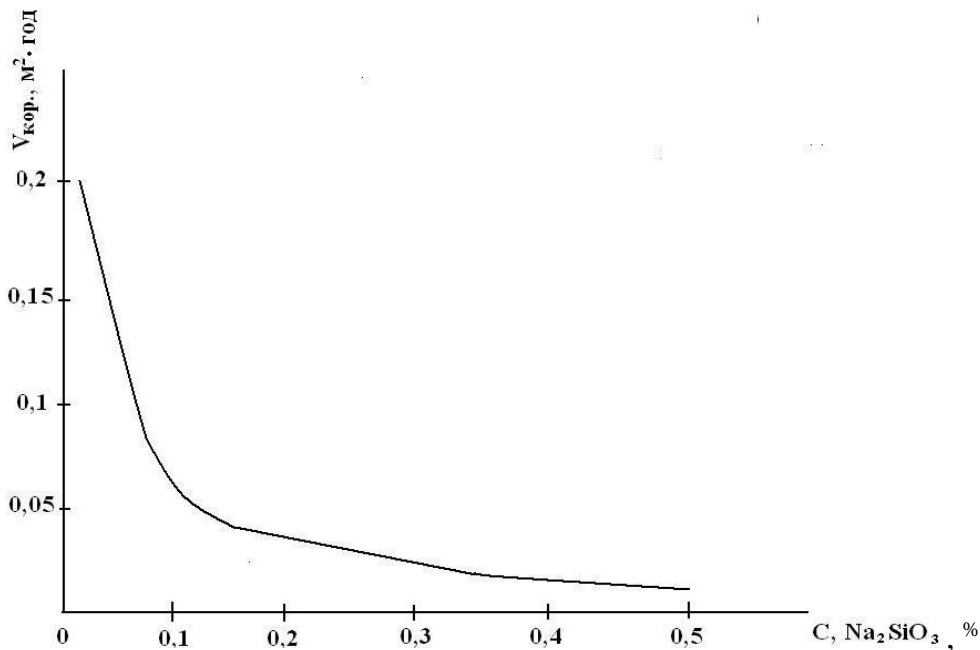


Рисунок 1 - Графік залежності вмісту силікату натрію у водному розчині на процес хімічної корозії сталевому трубопроводу.

Проте залишається недослідженим вплив рідкого натрієвого скла на процес біологічного заростання сталевому трубопроводу. Актуальність такого дослідження була зазначена в [7], так як саме для систем холодного водопроводу зі сталі характерна не тільки хімічна корозія, але й процес біологічного заростання. Особливо дане явище впливає на роботу системи внутрішнього протипожежного водопостачання, що постійно знаходяться водозаповненими. На рисунку 2 зображено фрагмент трубопроводу, внутрішня поверхня якого деформована внаслідок процесів корозії та біологічного заростання.



Рисунок 2 – Фрагмент сталевих водопроводу внутрішня поверхня якого деформована внаслідок процесів корозії та біологічного заростання [8].

Мета досліджень. Метою даної роботи було отримання експериментальних даних щодо впливу кількості вмісту рідкого натрієвого скла у воді на процес біологічного заростання внутрішньої стінки трубопроводу, а також визначення відносної вогнегасної ефективності розчину силікату натрію в порівнянні зі звичайною водою при гасінні модельних вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями в лабораторних умовах.

Об'єктом експериментальних досліджень є процеси біологічного заростання та корозії внутрішнього протипожежного водопроводу, а також процеси гасіння модельних вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями в лабораторних умовах.

Предметом експериментальних досліджень є фактори, що впливають на виникнення та подальшу інтенсивність біологічного заростання внутрішньої стінки протипожежного трубопроводу у разі додавання до води силікату натрію та вогнегасна ефективність такого розчину (в порівнянні зі звичайною водою) при гасінні модельних вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями в лабораторних умовах.

На першому етапі досліджень визначали фізико-хімічні властивості води, які можуть впливати на ефективність роботи внутрішнього протипожежного водопроводу після перебування її у металевому трубопроводі за певний період часу. Визначивши властивості води, за формулою та критеріями А.Г. Камерштейна [9], можна розрахувати значення щорічного приросту абсолютної шорсткості, спрогнозувати інтенсивність біологічного заростання трубопроводу.

Для проведення дослідів було взято нову сталеву водопровідну трубу, що відповідає вимогам [10].

У таблиці 1 наведені загальні характеристики сталевих труби згідно з сортаментом [10].

Таблиця 1 – Загальні характеристики сталевих труби.

d _y , мм	d _з , мм	Легкі, з номінальним тиском до 4 атм.	
		S, мм	Маса 1 м, кг
25	33,5	2,8	25

де d_y – умовний діаметр труби; S – товщина стінки труби; d_з – зовнішній діаметр труби.

Фрагмент трубопроводу був розрізаний на вісім рівних частин. На рисунку 3 показані фото труби, що використовувалась для досліджу.



Рисунок 3 - Фото труби, що використовувалась для досліджу

Для дослідження інтенсивності біологічного заростання трубопроводу залежно від вмісту силікату натрію у воді, в лабораторних умовах було підготовлено вісім зразків розчинів, а саме: вода без додавання Na_2SiO_3 , вода з 0,01 мас.%, 0,03 мас. %, 0,05 мас. %, 0,1 мас.%, 0,25 мас.%, 0,5 мас.% та 1,0 мас.% вмістом Na_2SiO_3 .

Дані розчини заливалися в фрагменти труб (по три дослідні зразки на кожну концентрацію), труби пломбувалися та залишалися на зберігання в лабораторних умовах на 60 днів. Температура повітря при зберіганні дослідних зразків становила від +17 °С до +23 °С. Досліджувальні зразки були захищені від пливу прямих сонячних променів та зберігалися у стані спокою.

По завершенні строку експозиції, зразки з водою було розпломбовано та визначено показник окиснюваності. Окиснюваність є інтегрованим показником, що показує вміст у воді окиснюваних речовин, в першу чергу - органічних. Крім того, на окиснюваність впливає і вміст ряду неорганічних речовин - іонів заліза (II - валентного). Наявність у воді високого показника окиснюваності свідчить про те, що така вода потенційно має високий вміст органічних речовин, що сприяє інтенсивному біологічному заростанню, так як органічні речовини, що вона містить, є поживними для мікроорганізмів. Окиснюваність є одним з непрямих методів визначення кількості органічних речовин у воді [11]. Норма окиснюваності для питної води за [12] повинна бути не більше 4 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$.

За результатами лабораторного аналізу були отримані такі середні значення показників окиснюваності:

Таблиця 2 – Середні значення окиснюваності за результатом лабораторного аналізу.

№ зразку	Концентрація Na_2SiO_3 , % у водному розчині	Окиснюваність, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$
1	вода питна за ДСТУ 7525:2014 без домішок	74,0
2	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 0,01 % вмістом Na_2SiO_3	73,0
3	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 0,03 % вмістом Na_2SiO_3	52,0
4	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 0,05 % вмістом Na_2SiO_3	43,0
5	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 0,1 % вмістом Na_2SiO_3	41,0
6	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 0,25 % вмістом Na_2SiO_3	41,0
7	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 0,5 % вмістом Na_2SiO_3	40,0
8	вода питна за ДСТУ 7525:2014 з 1,0 % вмістом Na_2SiO_3	39,0

За результатом даного дослідження можна визначити певну закономірність впливу вмісту силікату натрію у воді на значення показника окиснюваності та зробити висновок, що наявність у воді від 0,5% до 1% рідкого натрієвого скла в порівнянні зі звичайною питною водою зменшує органічну активність у воді, що може привести до уповільнення процесу заростання майже в два рази. Зростання окиснюваності звичайної питної води при її тривалому перебуванні у водопроводі (особливо за відсутності циркуляції) може пояснюватись переходом заліза зі стінок труби у воду у вигляді іонів заліза (II) унаслідок корозійних процесів. Додавання ж до води силікатів зменшує винос заліза у воду внаслідок утворення на поверхні плівки силікатів, що перешкоджає корозійним процесам шляхом зв'язування іонів заліза (II) аніонами кремнієвої кислоти у нерозчинні силікати.

Дані результати є дуже важливими для розв'язання проблеми ефективної довготривалої експлуатації системи внутрішнього протипожежного водопроводу висотних будівель, а саме забезпечення необхідної витрати води та напору в кран-комплектах на останніх поверхах висотної будівлі як найвіддаленіших точках від насосної станції.

Для визначення впливу рідкого натрієвого скла при додаванні його у воду на вогнегасну ефективність такого розчину проведено дослідження вогнегасної здатності води з вмістом рідкого натрієвого скла, які виконували за експрес-методикою дослідження вогнегасної ефективності водних вогнегасних речовин під час гасіння вогнищ пожежі класу В тонкорозпиленими струменями за методикою, яка розроблена в УкрНДЦЗ. Експеримент проводили в лабораторії у витяжній шафі з примусовою вентиляцією за таких кліматичних умов:

- температура повітря від 21 °С (±0,5);
- відносна вологість повітря: від 69 % (±1,0) ;
- атмосферний тиск від 730 мм рт. ст. (±1,0)

Для дослідження зразків водних вогнегасних речовин для гасіння вогнищ класу В тонко розпиленими струменями використовують стенд, що зображений на рисунку 4.

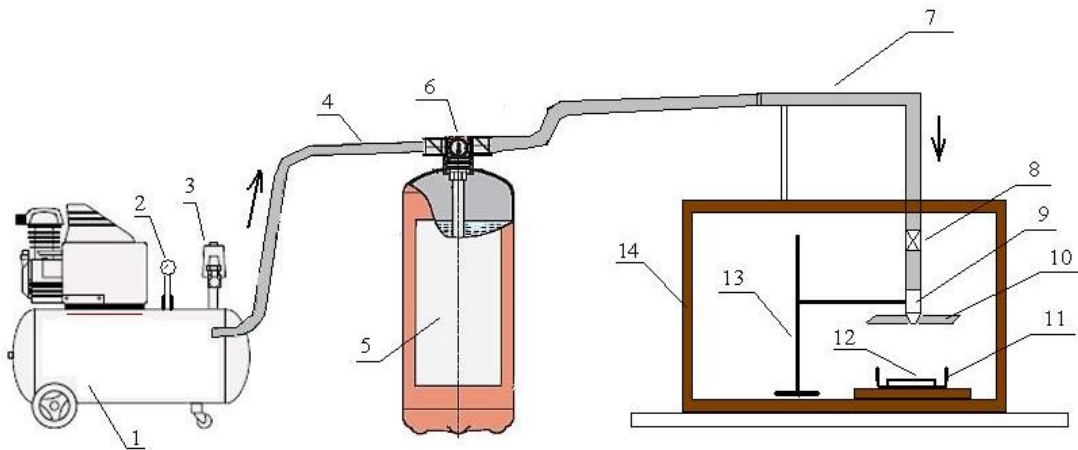


Рисунок 4 - Стенд для експериментальних досліджень з визначення відносної вогнегасної ефективності водних вогнегасних речовин для гасіння вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями:

1 – компресор; 2 – манометр; 3 – запобіжний клапан; 4 – трубопровід подачі повітря; 5 – ємність для ВВР на базі вогнегасника; 6 – наливна горловина з запірною арматурою, 7 – трубопровід подавання ВВР на зрошувач; 8 – запірний вентиля; 9 – перехідник з форсункою-розпилювачем з інтенсивністю подавання ВВР 1,0-2,5 мл/с струменем з кутом розкриття 45° за тиску 0,7- 0,9 МПа; 10 – захисний екран; 11 – піддон; 12 – деко; 13 – штатив; 14 – витяжна шафа для проведення дослідю.

Методика проведення експерименту полягає в тому, що ємність на базі водного вогнегасника заповнюють водною вогнегасною речовиною (далі - ВВР), а за допомогою компресора в ємності створюють надлишковий тиск. У камері для гасіння на рівній горизонтальній поверхні встановлюють у піддон металеве деко. Заливають в деко дистильовану воду, а пізніше паливо в кількості, що визначено методикою. Паливо у деці підпалюють. Після 30 с вільного горіння відкривають запірний кран і починають подавати тонко розпилену ВВР на поверхню підпаленої рідини протягом не більше 30 с до досягнення гасіння.

При успішному гасінні вогнища, розмір дека збільшують та повторюють дослід. Таким чином, визначають максимальний розмір дека, яке впевнено гасилося досліджуваною ВВР. Значення критичної інтенсивності залежить від витрати ВВР (R , см³/с), що визначається за формулою

$$R = \frac{m_1 - m_0}{\tau \rho}$$

де, m_0 – маса посудини для збирання розпиленої ВВР, г;
 m_1 – маса посудини для збирання розпиленої ВВР зі зібраною речовиною, г;
 τ – час збирання вогнегасної речовини, с;
 ρ – густина досліджуваної вогнегасної речовини, г/см³.

Значення критичної інтенсивності подавання ВВР визначають за формулою:

$$I_{кр} = \frac{R \cdot 10^{-3}}{S_{max}}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2},$$

де, S_{max} – площа найбільшого дека, яке погашено в умовах досліджень, м².

Суть визначення показника відносної вогнегасної ефективності ($K_{еф}$), полягає у порівнянні значення показника критичної інтенсивності подавання води ($I_{крH_2O}$) для гасіння модельного вогнища та показника критичної інтенсивності подавання ВВР ($I_{крВВР}$) для гасіння модельного вогнища з максимальним розміром дека, яке впевнено гасилося досліджуваною ВВР.

$$K_{еф} = \frac{I_{кр H_2O}}{I_{кр ВВР}},$$

де, $I_{крH_2O}$ – критична інтенсивність подавання води, л·с⁻¹·м⁻²;

$I_{крВВР}$ – критична інтенсивність подавання водної вогнегасної речовини, л·с⁻¹·м⁻².

У таблиці 3 наведені значення концентрації рідкого натрієвого скла (Na_2SiO_3) у зразках водних розчинів та результати визначення відносної вогнегасної ефективності водних вогнегасних речовин для гасіння вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями.

У результаті розрахунків визначено, що водний розчин з 1% вмістом Na_2SiO_3 при гасінні вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями в порівнянні з водою має показник відносної вогнегасної ефективності $K_{еф} = 1,96$. Тобто, даний розчин фактично вдвічі ефективніший за звичайну воду.

Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що підвищення ефективності при гасінні модельного вогнища класу В тонкорозпиленими струменями відбувається за рахунок наявності у розчині солей натрію.

Таблиця 3 – Значення концентрації рідкого натрієвого скла (Na_2SiO_3) у зразках водних розчинів та результати відносної вогнегасної ефективності водних вогнегасних речовин для гасіння вогнищ класу В тонкорозпиленими струменями.

Номер зразка	Досліджувана речовина (Концентрація Na_2SiO_3 у воді питній за ДСТУ 7525:2014, %)	Густина досліджуваної речовини, г/см ³	Кількість горючої речовини (нефрас), мл	Витрата вогнегасної речовини (R), см ³ /с	Площа дека, яке впевнено гасилося досліджуваною ВВР (S), м ²
1	Вода без додавання Na_2SiO_3	1,0	40	1,1	0,00758
2	0,1	1,01	47	1,09	0,00949
3	0,5	1,012	57	1,07	0,011304
4	1,0	1,016	66	1,03	0,01326

Висновки.

1. Дослідження показали, що застосування рідкого натрієвого скла в закритих системах внутрішнього протипожежного водопроводу в концентраціях від 0,5 – 1% суттєво зменшує процес окиснювання, що має призводити до зниження активності корозійних процесів та процесів біологічного заростання внутрішньої поверхні трубопроводу.

2. Додавання рідкого натрієвого скла до води в концентраціях до 1%, підвищує її відносну вогнегасну здатність майже вдвічі при гасінні вогнища класу В тонкорозпиленими струменями в лабораторних умовах в порівнянні зі звичайною водою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Никольский Б.П. Справочник химика. Том 1. Общие сведения строения веществ. «Химия», Ленинград 1976 г. – 1022 с.
2. П.А. Борсук, А.М. Лясс - Жидкие самотвердеющие смеси - Москва, 1999 – 344 с.
3. СП 41-101-95 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловых пунктов». - Минстрой России, 1997 г. – 95 с.
4. СанПиН 2.1.4.2496-09 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».
5. «Инструкция на противокоррозионную обработку воды жидким стеклом» - Утверждено приказом Министерства жилищно-коммунального хозяйства РСФСР от 21 ноября 1986 г. № 495.
6. Акользин П.А., «Предупреждение коррозии оборудования технического водо- и теплоснабжения» Ж. Металургия, Москва, 1988 г. – 96 с.
7. О.О. Сізіков, В.В. Ніжник, Р.В. Уханський, Я.В. Балло – «Негативні особливості експлуатації систем внутрішнього протипожежного водопроводу у висотних будівлях» - Науковий вісник № 29, 2014 р. - с. 30-38.
8. Типові труби після строку експлуатації / masterok.livejournal.com. – режим доступу: <http://masterok.livejournal.com/1488617.html>.
9. Камерштейн А. Г., Ручимский М. Н. В.В. Рождественский - Расчет трубопроводов на прочность – М.: «ВГОСТОПТЕХИЗДАТ» 1983 – 375с.
10. ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.
11. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. - М.: Химия, 1979. - 480 с.
12. ДСанПиН 2.2.4-171-10 Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання.