

С.В. ЖАРТОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук

О.О. СІЗІКОВ, кандидат технічних наук

Т.Ю. НИЖНИК, кандидат технічних наук

Я.В. БАЛЛО,

Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту ДСНС України

В.П. БАЛЛО

Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЦІЛЬОВИХ ДОБАВОК У СКЛАДІ ВОДНИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН НА ВТРАТУ НАПОРУ У ТРУБОПРОВОДІ

Приведено результати досліджень щодо впливу цільових добавок у воді на основі рідкого натрієвого скла та карбонату калію на гідравлічні втрати у сталевому трубопроводі з різними параметрами шорсткості.

Ключові слова: водна вогнегасна рідина, втрати напору, протипожежний водопровід, шорсткість трубопроводу.

Приведены результаты исследований влияния целевых добавок в воде на основе жидкого натриевого стекла и карбоната калия на гидравлические потери в стальном трубопроводе с различными параметрами шероховатости.

Ключевые слова: водная огнетушащая жидкость, потери напора, противопожарный водопровод, шероховатость трубопровода.

The results of research impact water-based fire-extinguishing agents based on solution containing sodium liquid glass and potassium carbonate for hydraulic losses in the steel pipe with different roughness parameters.

Keywords: water-based fire-extinguishing agents, pressure loss, fire water supply, roughness pipeline.

Стан питання. Внутрішній протипожежний водопровід у висотних будівлях є складною інженерною системою, яка виконує функцію протипожежного захисту будівлі. Основним завданням під час проектування даної системи є забезпечення нормативних тиску та витрати води в пожежних кран-комплектах та спринклерних зрошувачах в будівлі, особливо на останніх поверхах таких споруд. У роботах [1-3] досліджувалися питання особливостей проектування, негативних факторів експлуатації, а також можливості використання водних вогнегасних розчинів (далі – ВВР) у системі внутрішнього протипожежного водопроводу у будівлях з умовною висотою вище 73,5 м. Варто відзначити, що за результатами дослідів, представлених у роботі [3], виявлено, що суміш 1% водних розчинів з цільовими добавками

на основі силікату натрію Na_2SiO_3 та карбонату калію K_2CO_3 у пропорції 50/50 має відносну вогнегасну ефективність при гасінні модельних вогнищ класу А та В тонкорозпиленими струменями фактично вдвічі більшу в порівнянні із водою без добавок.

Проте залишається не з'ясованим вплив вказаних цільових добавок, що додаються у воду, на значення втрати напору у трубопроводі під час руху по ньому досліджуваного ВВР. Відмінність фізико-хімічних характеристик ВВР та води без добавок може значно вплинути на гідравлічні втрати напору у трубопроводі під час подачі по ньому ВВР та, відповідно, змінити фактичні кінцеві напори у найвище розташованих пожежних кран-комплектах та спринклерних системах будинку.

Метою досліджень є визначення впливу фізико-хімічних характеристик ВВР та шорсткості внутрішньої поверхні трубопроводу на гідравлічний опір трубопроводу.

Об'єктом досліджень є явище виникнення сил опору тертю та процеси, що відбуваються під час руху рідини у трубопроводах з різними показниками шорсткості, за однакових гідравлічних параметрів руху рідини.

Предметом досліджень є фактори, що впливають на гідравлічні втрати напору у сталевому трубопроводі.

Найпростішим експериментальним способом для визначення втрат напору води у трубопроводі є установка-ілюстрація рівняння Бернуллі. Схема установки наведена на рис. 1.

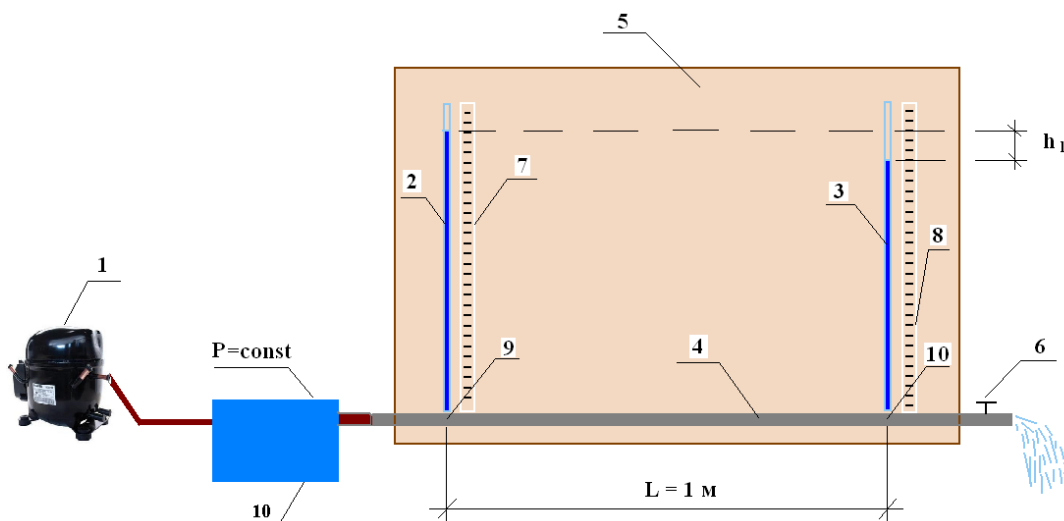


Рис.1. Установка з визначення втрат напору методом п'єзометрів у трубопроводі при руху гідросуміші

1 – компресор, обладнаний манометром; 2 – п'єзометрична прозора трубка на початковій ділянці трубопроводу; 3 – п'єзометрична прозора трубка на кінцевій ділянці трубопроводу; 4 – фрагмент трубопроводу, на якому проводиться дослід; 5 – вертикальний стенд; 6 – запірний кран; 7 – шкала для вимірювання рівня води на початковій ділянці трубопроводу; 8 – шкала для вимірювання рівня води на кінцевій ділянці трубопроводу; 9 – досліджуваний переріз 1–1 трубопроводу; 10 – досліджуваний переріз 2–2 трубопроводу, 11 – бак для досліджуваної рідини

Порядок проведення першої частини експерименту такий. На стенді 5 розміщується фрагмент нового сталевго трубопроводу 4 діаметром 25 мм та довжиною 1,5 м зі значенням шорсткості 0,07...0,12 мм. У трубопроводі зроблено два отвори діаметром 5 мм на відстані 1000 мм один від одного для приєднання прозорих п'єзOMETричних трубок 2 та 3, які закріплюються вертикально на стенді 5 і вздовж яких розміщено шкали 7 та 8 для вимірювання рівнів води в перерізах 1–1 та 2–2.

Після улаштування трубопроводу на стенді його підключають до напірного баку, наповненого водою без добавок, в якому створено мінімальний тиск 0,1 атм. Це забезпечить при діаметрі трубопроводу 25 мм витрату води 2,5...3 л/хв., швидкість 0,13...0,16 м/с та ламінарний режим руху води. Тиск у системі контролюється за допомогою манометра. За рівнями води у перерізі 1–1 та на відстані 1000 мм від нього у перерізі 2–2 маємо змогу спостерігати за допомогою прозорих п'єзOMETричних трубок. Запірний кран 6 на початку досліду має бути закритий.

Для визначення витрати води в системі під час досліду запірний кран 6 відкривається на 30 с і воду, що витікає з трубопроводу, збирають у мірну ємкість. По завершенню 30 с, які фіксують секундоміром, запірний кран закривають, а воду, що зібрана у ємкість, зважують.

Секундну витрату води визначають діленням кількості води, яка була зібрана, на час вимірювання та густину води. Отримані дані заносять до протоколу.

Для визначення гідравлічних втрат напору у трубопроводі при руху по ньому води відкривають запірний кран 6 для подачі води та чекають 10...15 с. Після нормалізації руху потоку води у трубопроводі за допомогою шкал 7 та 8 на стенді фіксують рівні води у п'єзOMETричних трубках у першому та другому перерізах трубопроводу. Отримані дані вносять до протоколу. Експеримент проводять тричі. Прийнята абсолютна похибка отриманих результатів не повинна перевищувати 5 мм.

Після проведення експерименту для води без добавок, досліди повторюють для суміші 1% водних розчинів силікату натрію Na_2SiO_3 та карбонату калію K_2CO_3 у пропорції 50/50 і дані вносять до протоколу.

Друга частина експерименту проводиться в тій же послідовності та за такою ж методикою для сталевго трубопроводу з терміном експлуатації 23 роки, що був демонтований з діючої водопровідної мережі, зі значенням шорсткості внутрішніх стінок 2,2...2,5 мм. Геометричні параметри фрагмента даного трубопроводу аналогічні параметрам фрагмента нового трубопроводу, що досліджувався на початку. Експеримент з визначення втрат напору у трубопроводі також проводиться для води без добавок та для суміші 1% водних розчинів силікату натрію Na_2SiO_3 та карбонату калію K_2CO_3 у пропорції 50/50.

Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці.

Таблиця

Результати експериментальних досліджень з визначення втрат напору у сталевому трубопроводі

№ досліджу	Тиск, Р, атм	Витрата води, Q, мл/хв	Втрати напору, h, мм	Вид рідини
Трубопровід сталевий, <u>новий</u> . Діаметр 25 мм, довжина досліджуваної ділянки 1000 мм.				
1	0,1	2880	36	Вода без домішок
2			35	
3			35	
4	0,1	2850	18	Суміш 1% Na ₂ SiO ₃ та 1% K ₂ CO ₃ в пропорції 50/50
5			21	
6			20	
Трубопровід сталевий, <u>що був у використанні</u> . Діаметр 25 мм, довжина досліджуваної ділянки 1000 мм.				
7	0,1	2470	125	Вода без домішок
8			128	
9			127	
10	0,1	2780	38	Суміш 1% Na ₂ SiO ₃ та 1% K ₂ CO ₃ в пропорції 50/50
11			36	
12			36	

За отриманими даними побудовано порівняльну діаграму значень втрат напору в новому сталевому трубопроводі та трубопроводі, що був у використанні, для води без домішок та досліджуваного ВВР з суміші 1% водних розчинів Na₂SiO₃ та 1% K₂CO₃ в пропорції 50/50, представлену на рис.2.

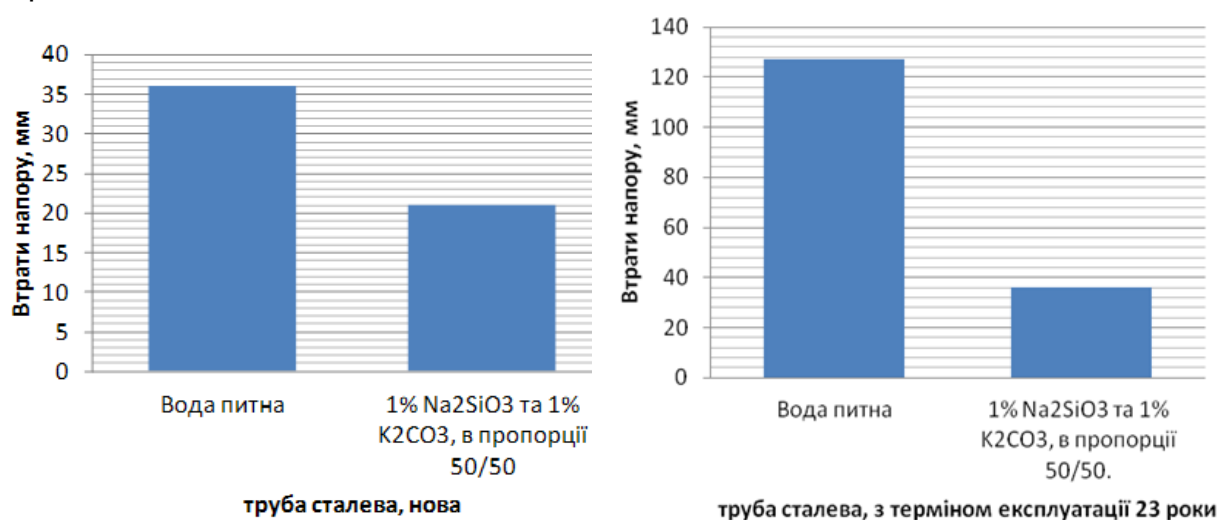


Рис. 2. Порівняльні діаграми втрат напору води та ВВР для нового сталевому трубопроводу та трубопроводу з терміном експлуатації 23 роки

За результатом проведених експериментів досліджуваний ВВР з суміші 1% водних розчинів Na_2SiO_3 та K_2CO_3 в пропорції 50/50 має на 40...42% менші втрати напору порівняно з водою без добавок при пропуску по новому сталевому трубопроводу. При пропуску досліджуваного ВВР по трубопроводу з терміном експлуатації 23 роки втрати напору на 248...251% менші в порівнянні із водою без добавок. Дане явище можна пояснити тим, що досліджуваний ВВР має меншу кінематичну в'язкість за рахунок меншої сили внутрішнього тертя між шарами потоку ВВР під час руху в ламінарному режимі, а також менше дотичне напруження зсуву потоку.

Верифікацію отриманих експериментальних даних з визначення втрат напору води без добавок проведено за допомогою комп'ютерної розрахункової програми для гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів за методикою Шевелева Ф.А. Зовнішній інтерфейс програми наведено на рис.3.

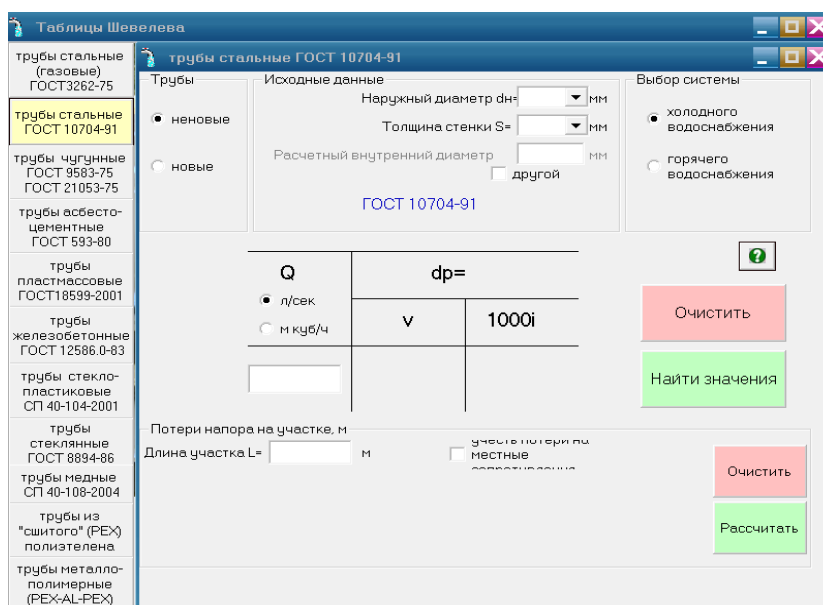


Рис. 3. Інтерфейс програми з гідравлічного розрахунку напірного трубопроводу

За результатом верифікації, відхилення отриманих даних знаходиться в межах 4%, що є в межах допустимої похибки.

Варто окремо відзначити, що даний експеримент проводився при мінімальних гідравлічних параметрах установки за ламінарного режиму руху гідросумішей. За реальних умов роботи системи внутрішнього протипожежного водопроводу при середньому напорі 0,6...0,9 МПа та витраті води 20...30 л/с отримані дані значення не можна безпосередньо застосовувати, навіть враховуючи те, що в'язкість води при температурі 25°C із збільшенням тиску незначно зменшується [4]. Проте загальні якості кінематичних властивостей рідин будуть зберігатися для різних напірних режимів.

Висновки

1. За результатами проведених досліджень встановлено, що ВВР з суміші 1% водних розчинів Na_2SiO_3 та K_2CO_3 в пропорції 50/50 при пропуску в сталевому трубопроводі з різним значенням величини шорсткості стінок труби, має значно менші значення втрат напору в порівнянні із водою без добавок. Це зменшує необхідний розрахунковий напір при доборі насосного пожежного обладнання і, відповідно, його потужність та суттєво знижує витрати електроенергії під час гасіння пожежі.

2. Використання ВВР з суміші 1% водних розчинів Na_2SiO_3 та K_2CO_3 в пропорції 50/50 в системі внутрішнього протипожежного водопроводу у висотних будівлях з умовною висотою вище 73,5 м, дозволить не тільки підвищити вогнегасну ефективність системи, але і зменшить навантаження на пожежне насосне обладнання під час подачі ВВР та, відповідно, подовжить його експлуатаційний ресурс.

Список літератури

1. О. Сізіков, Р. Уханський, Я. Балло, В. Балло. Особливості проектування зонованих систем внутрішнього протипожежного водопроводу у будівлях з умовною висотою вище 26,5 м // Науковий вісник. – К.: УкрНДІЦЗ, 2014. – № 2 (29). – С.30-36.

2. О. Сізіков, В. Ніжник, Р. Уханський, Я. Балло. Шляхи забезпечення ефективної експлуатації систем внутрішнього протипожежного водопроводу у висотних будівлях // Науковий вісник. – К.: УкрНДІЦЗ, 2015. – № 2 (32). – С.4-9.

3. Я.В. Балло. Підвищення ефективності роботи внутрішнього протипожежного водопроводу додаванням до води рідкого натрієвого скла // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. Науково-технич. Збірник. – Випуск 25. – К.: КНУБА, 2015. – С.29-36.

4. Рабинович Е. Гидравлика. – М.: Печатный двор, 1963. – 408 с.

Надійшло до редакції 17.05.2016