

контактує. Встановлено області значень поверхневого натягу та в'язкості розчинів, в яких суттєво знижується час гасіння за постійної інтенсивності подачі вогнегасної рідини. На основі експерименту встановлено раціональний склад істинного вогнегасного розчину (1% ПО-6К, 0,1% КМЦ, до 10% NaCl або $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), при якому забезпечуються оптимальні σ та η . На основі встановлених залежностей t від σ - η (рис. 7) існує можливість удосконалення складів вогнегасних істинних розчинів, при гасінні якими переважає механізм охолодження зони горіння, без вогневих випробувань з похибкою до 5%. Однак слід зазначити, що за рахунок обмежень у зниженні поверхневого натягу рідин максимально мінімізувати час гасіння не можливо, тому перспективним вважається розробка складів вогнегасних емульсій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. – Харків, 2004. – 252 с.
2. Булкин Д.Г., Дубков П.Ф., Моисеєнко В.М., Пешков В.В. Огнетушащие свойства воды с добавками высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений // Пожаротушение: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО, 1983. - С. 96-101.
3. Кустов М.В., Калугін В.Д. Встановлення зв'язку між часом пожежогасіння та фізико-хімічними властивостями вогнегасних речовин на основі води // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: УГЗУ, 2007. – Вып. 21. – С. 139-146.
4. ДСТУ 3675-98. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
5. Кустов М.В., Калугін В.Д. Фізико-хімічні властивості вогнегасних рідин в умовах, наближених до пожежі. // Сучасні проблеми фізичної хімії: Матеріали III Міжнар. конф. – Донецьк, 2007. – С. 141-142.
6. ДСТУ 4041-2001. Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
7. Мчедлов-Петросян М.О. Основи колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем. Підручник – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2004. – 300 с.

Стаття надійшла в редакцію 13.09.2007 р.

УДК 614.8

А.Н. Литвяк, канд. техн. наук, доцент, УГЗУ,
В.А. Дуреев, канд. техн. наук, УГЗУ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕРМОПАРЫ ТЕПЛОВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ (представлено д-ром техн. наук О.П. Олексеевым)

Получены линейные дифференциальные уравнения динамики чувствительного элемента максимального и дифференциального пожарных извещателей, а также зависимости для определения их динамических параметров.

Постановка проблемы. В современных системах пожарной автоматики широко используются пожарные извещатели (ИП) с применением термопар в качестве чувствительного элемента. Для исследования работы систем пожарной автоматики математическими методами необходимо математическое описание ее элементов.

Анализ последних исследований и публикаций. Работы в направлении разработки тепловых пожарных извещателей с применением термопар в качестве чувствительного элемента ведутся всеми ведущими фирмами, как на Украине, так и за рубежом [1]. Однако в основных технических данных таких тепловых извещателей приводятся только порог срабатывания для максимальных ИП или время срабатывания для заданного градиента температуры для дифференциальных ИП [2]. Эти данные позволяют косвенно оценить динамические параметры чувствительных элементов ИП, такие как постоянная времени и коэффициент усиления. Для исследования динамических процессов работы пожарной автоматики необходимы более точные математические модели, позволяющие учитывать как конструктивные особенности чувствительного элемента ИП, так и реальные условия развития пожара [3].

Постановка задачи и ее решение. Расчетная схема термопары представлена на рис.1.

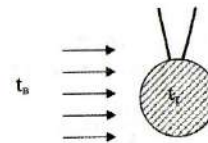


Рисунок 1 – Расчетная схема термопары

Математическое описание термопары как динамического звена можно получить из уравнений для нестационарного теплообмена. Не-

М.В. Кустов, ад'юнкт, УЦЗУ,
В.Д. Калугін, докт. хім. наук, професор, УЦЗУ

ВПЛИВ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІСТИННИХ РОЗЧИНІВ НА ЇХ ВОГНЕГАСНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ

У роботі встановлено вплив поверхневого натягу та в'язкості вогнегасних істинних розчинів на їх ефективність при гасінні осередків пожеж класу А. На основі експерименту встановлено залежності фізико-хімічних властивостей вогнегасних розчинів від природи межі поділу фаз розчин/твердий горючий матеріал та температури. Запропоновано раціональний склад вогнегасного розчину для мінімізації часу гасіння пожежі.

Постановка проблеми. Для підвищення вогнегасних та вогнезахисних властивостей води до неї додаються речовини різної природи. В основі механізму дії вогнегасних рідких істинних розчинів лежить охолодження осередку горіння до поверхні твердого горючого матеріалу (ТГМ). Ефективність охолодження поверхні ТГМ суттєво залежить від характеру контакту вогнегасної рідини та поверхні, що горить, який включає вплив фізико-хімічних властивостей на межі розподілу ТГМ/розчин. Однак узагальнити та об'єднати механізми впливу фізико-хімічних властивостей водних розчинів різного складу на вогнегасну ефективність різних розчинів досить важко, але дуже актуально.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основними властивостями рідких вогнегасних речовин, які впливають на їх вогнегасну ефективність, є поверхневий натяг (σ) та в'язкість (η). Встановлено, що для покращення вогнегасної дії рідин необхідно мінімізувати їх поверхневий натяг [1]. В роботі [2] показано, що комбінація різних за природою добавок покращує вогнегасну ефективність розчинів, але за рахунок чого це відбувається, не встановлено. Досліджено залежність часу гасіння (τ) від концентрації (c), поверхневого натягу (σ) та в'язкості (η) істинних розчинів за нормальної температури [3]. Усі ці залежності побудовані на основі даних на межі поділу розчин/платина, тоді коли в умовах пожежі розчин знаходиться на поверхні деревини або целюлозовмісного виробу за температури, близької до її температури кипіння. Тому на сьогоднішній день встановлення істинної залежності впливу фізико-хімічних властивостей вогнегасних розчинів в умовах, максимально наближених до умов горіння, є дуже актуальною задачею.

Постановка задачі та її розв'язання. У роботі на основі експериментальних досліджень зроблено спробу узагальнення впливу фізико-хімічних властивостей різних розчинів на їх вогнегасну ефективність за допомогою побудови графічних залежностей в об'ємному просторі. Для цих залежностей постійна інтенсивність подачі вогнегасної речовини становить $I_{кр} = 0,03-0,05$ л/(м²с). Використовували модельний осередок пожежі класу 2А, на яких, зазвичай, проходить випробовування вогнегасних речовин [4].

Системне узагальнення результатів попередніх досліджень дозволяють побудувати комплексну (тривимірну) залежність τ від фізико-хімічних властивостей (σ , η) вогнегасних істинних розчинів на основі води, яка дозволяє абстрагуватися від конкретної природи та концентрації добавок (рис.1) [3].

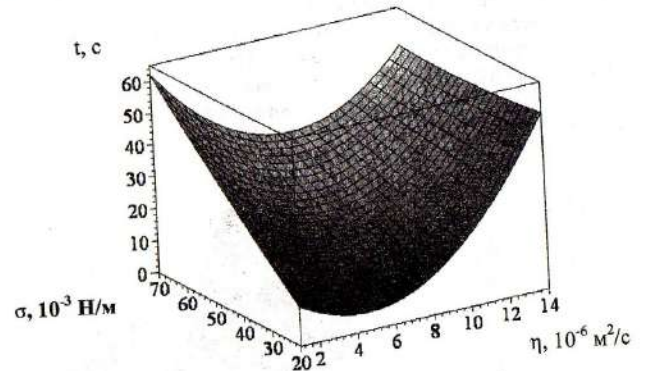


Рисунок 1 - Залежність часу гасіння модельного осередку пожежі класу 2А від поверхневого натягу та в'язкості вогнегасної суміші

З рис. 1 видно, що час гасіння суттєво залежить як від σ , так і від η істинного вогнегасного розчину. Тривимірна залежність дозволяє оптимізувати умови, коли τ є найменшим: $\sigma = (25-30) \cdot 10^{-3}$ Н/м, $\eta = (2-4) \cdot 10^{-6}$ м²/с. У цих умовах змочувальна здатність максимально збільшується, тому кількість розчину, який стікає з поверхні горючого матеріалу й тому не бере участі в гасінні, суттєво знижується.

Однак слід врахувати, що надану залежність (рис.1) представлено для границі поділу розчин/платина та за температури розчинів $20 \pm 50^\circ\text{C}$. При попаданні вогнегасної речовини в зону горіння її температура швидко зростає до $80-1000^\circ\text{C}$, і тому поверхневі властивості розчинів суттєво змінюються.

З метою визначення залежностей поверхневого натягу вогнегасних розчинів на основі води від температури розчину, концентрації добавок та характеру поверхні поділу фаз було проведено експериментальні дослідження в умовах, максимально наближених до пожежі [5].

Поверхневий натяг вимірювався методом «відриву кільця». Матеріал кільця, згідно [6], використовували ніхром. Оскільки найбільша кількість пожеж визначається як пожежі класу А, тобто горіння деревини та целюлозних виробів, то досліджування проводили на поверхні поділу деревина/рідина. Для дослідження поверхневого натягу на поверхні деревина/розчин, використовували дерев'яну (сосна) рамку розмірами 40*40 мм. Для дослідження поверхневих властивостей деревини в умовах, що імітують процес горіння, використовували дерев'яну обвуглену рамку.

До встановлених залежностей, що приведені у роботі [5], додатково проведено дослідження розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) (рис. 2). Як і очікували, ці результати є дуже подібними за впливом температури та концентрації на поверхневий натяг до інших полімерів (ПВС-100, ПС- Na) [5].

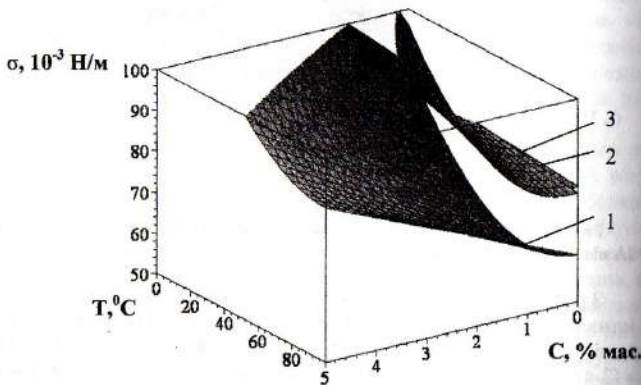


Рисунок 2 - Залежність поверхневого натягу розчину Na-КМЦ від температури та концентрації: 1-ніхром/розчин, 2-деревина/розчин, 3-деревина обвуглена/розчин

Однак слід зазначити, що хоча поверхневий натяг розчину є достатньо великим, використання розчину Na-КМЦ концентрацією більше 1% мас. є недоцільним, оскільки такий розчин має велику

в'язкість [3]. Як видно з рис. 2, збільшення σ за температури більше 60°C слід пов'язувати з набуханням та деструкцією полімеру.

З метою визначення залежностей в'язкості вогнегасних розчинів від температури розчину та концентрації добавок різної природи було проведено експериментальні дослідження з такими ж добавками, як і в попередньому експерименті (NaCl, KBr, KNO₃, NH₄H₂PO₄, ПО-6К, ПВС-100, ПС-Na, та Na-КМЦ). Для виміру кінетичної в'язкості розчинів використовувався капілярний вискозиметр Освальда [7]. Температурний режим вимірювань реалізували за допомогою ультратермостата.

Кінематична в'язкість розчинів визначалась за формулою

$$\eta_1 = Ct_1\rho_1$$

де C – постійна вискозиметра; t_1 – час протікання розчину між поділками за певної температури, с; ρ_1 – густина розчину за певної температури, г/см³.

У ході експерименту отримано результати, показані на рис. 3, 4.

З рис. 3 видно, що природа електролітів дає загальну залежність в'язкості від температури та концентрації, що дозволяє абстрагуватися від конкретного виду солей та утворювати водний розчин гасіння за оптимальною величиною в'язкості за допомогою будь-якої солі (з ряду досліджених).

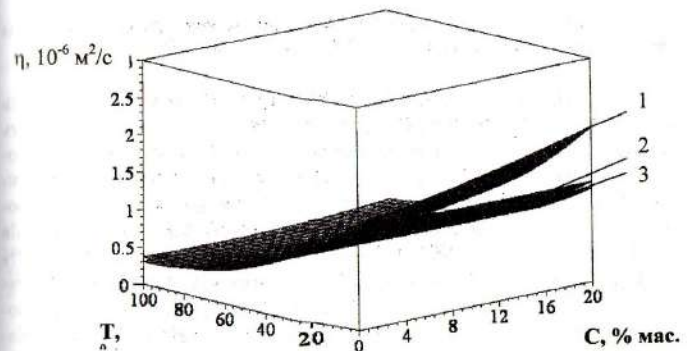


Рисунок 3 - Загальні залежності в'язкості розчинів різних солей від температури та концентрації: 1-25°C, 2-60°C, 3-90°C

З іншого боку, треба зазначити, що в умовах пожежі в'язкість усіх розчинів є мінімальною, тому для вирішення задачі ефективного затримання вогнегасної рідини на поверхні деревини необхідно в'язкість додатково підвищувати (наприклад, за допомогою полімерів). У зв'язку з цим проводили дослідження, результати котрих наведені на рис. 4. Як видно з рис. 4, розчин Na-КМЦ має велику в'язкість при незначній зміні концентрації добавки. Також такий розчин слабо чутливий до зміни температури, що є позитивним при використанні цих розчинів при гасінні пожеж.

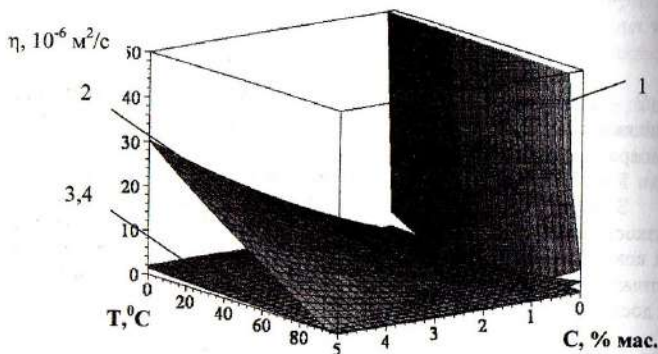


Рисунок 4 - Загальні залежності в'язкості розчинів різних полімерів від температури та концентрації: 1- Na-КМЦ, 2-ПВС-100, 3-ПО-6К, 4-ПС-На

У зв'язку з наданням результатів (рис. 4) виникає необхідність дослідження фізико-хімічних властивостей (σ) систем, що містять електроліти (солі) та добавки полімерів та поверхнево-активних речовин. Тому експериментально визначено зміну фізико-хімічних властивостей сумішей за сумісної наявності у розчині добавок різної природи (рис. 5, 6). Як видно з рис. 5, 6, поверхневий натяг розчинів полімеру Na-КМЦ за наявності невеликих концентрацій солей (0-10% мас.) практично не змінюється. Така ж тенденція залежності поверхневого натягу від концентрації солі має місце у розчинах поверхнево-активних речовин (ПАР) у тому ж інтервалі концентрацій солей. Характер початкових та кінцевих ділянок залежностей не суперечить загальним уявленням про вплив високомолекулярних сполук на характер фізико-хімічних характеристик межі розподілу фаз.

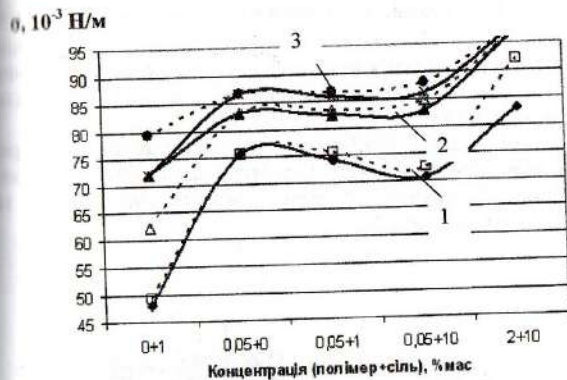


Рисунок 5 - Сумісний вплив солей (NaCl-суцільна, KNO3-пунктирна) на полімеру (Na-КМЦ) на поверхневий натяг розчину: 1-ніхром/розчин, 2-деревина/розчин, 3-деревина обвуглена/розчин

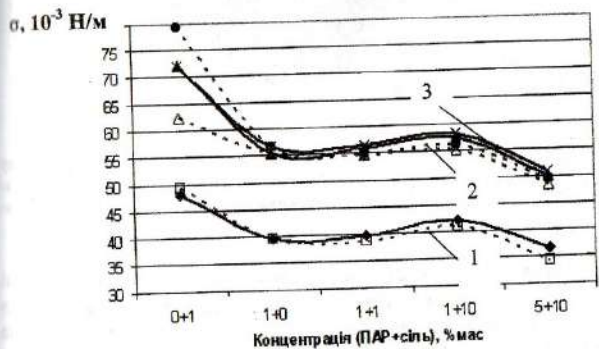


Рисунок 6 - Сумісний вплив солей (NaCl-суцільна, KNO3-пунктирна) та ПАР (ПО-6К) на поверхневий натяг розчину: 1-ніхром/розчин, 2-деревина/розчин, 3-деревина обвуглена/розчин

Характер встановлених залежностей (рис. 5, 6) пояснюється наявністю в розчині електролітів, які мають велику активність і, рухаючись у розчині, відштовхують молекули полімеру та ПАР від поверхні поділу фаз розчин/ТГМ, змінюючи σ розчинів, та не дають великим молекулам полімерів з'єднуватися, підвищуючи в'язкість розчину. Як видно з рис. 5, 6, іони Cl^- мають більшу відштовхувальну здатність,

ніж іони NO_3^- , тому наявність хлоридів призводить до більших змін поверхневого натягу. За рахунок наявності ефекту інгібування каталітичних центрів полум'я при гасінні розчинами галогенвмісних солей рекомендується їх додавання до вогнегасних рідин концентрацією до 10% мас.

На основі викладеного вище було побудовано тривимірні залежності часу гасіння t від фізико-хімічних властивостей (σ , η) вогнегасних істинних розчинів для границь поділу розчин/деревина та розчин/деревина обвуглена (рис. 7).

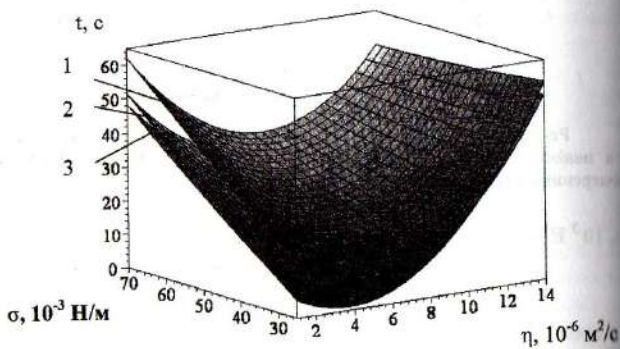


Рисунок 7 - Залежність часу гасіння модельного осередку пожежі класу 2А від поверхневого натягу та в'язкості вогнегасних істинних розчинів за температури 25°C: 1-ніхром/розчин, 2-деревина/розчин, 3-деревина обвуглена/розчин

Як видно з рис. 7, збільшення поверхневого натягу на деревині (у порівнянні з ніхромом), відбувається за рахунок виникнення сил адгезії. За однакових значень σ час гасіння є меншим при вимірі на дерев'яній рамці. Також слід зазначити, що на поверхні поділу обвуглена деревина/розчин поверхневий натяг є більшим, ніж у звичайній деревини, що пояснюється тим, що обвуглена поверхня є більш пористою, ніж поверхня звичайної деревини.

В залежності від температури, характерні поверхні - рис. 7 (для системи ніхром/розчин) приймають дещо інший вигляд (рис. 8). Як видно з цього рисунка, зі збільшенням температури в області високих значень в'язкості, спостерігається різке збільшення значень часу гасіння. Залежності t - σ - η на границі поділу розчин/деревина та розчин/деревина обвуглена мають подібний вигляд, приведений на рис. 8.

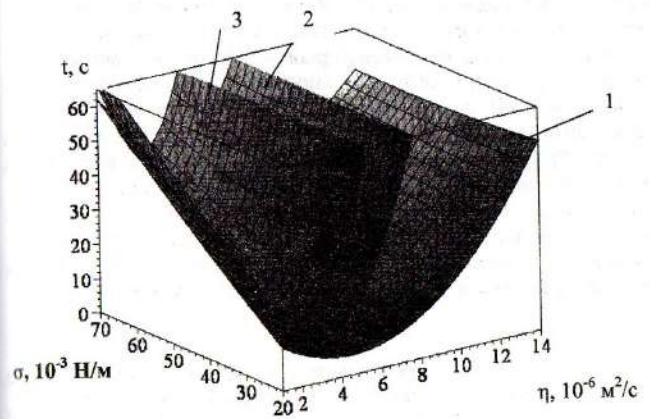


Рисунок 8 - Залежність часу гасіння модельного осередку пожежі класу 2А від поверхневого натягу та в'язкості вогнегасних істинних розчинів для границь поділу розчин/ніхром за різних температур: 1-250С, 2-600С, 3-900С

Рис. 8 показує, що за температур, близьких до температури кипіння розчину, його в'язкість повинна становити $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Несуттєве збільшення в'язкості веде до суттєвого збільшення часу гасіння за рахунок того, що рідина втрачає свою текучість і для досягнення припинення горіння одиниці площі необхідна значно більша її кількість.

Таким чином, за результатами виконаних експериментів було підтверджено уявлення про мінімізацію поверхневого натягу розчинів для досягнення ефекту гасіння та встановлено, що в'язкість розчинів при гасінні деревини та целюлозовмісних виробів повинна знаходитись в межах $2-4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Матеріали графіків, представлених у роботі [5] та на рис. 2-8, дозволяють вибрати раціональний склад суміші, який забезпечить мінімізацію часу гасіння. Додавання до води 1% ПО-6К та 0,1% КМЦ зменшує час гасіння осередку пожежі при гасінні деревини та целюлозовмісних виробів за рахунок мінімізації поверхневого натягу та одночасного досягнення в'язкості $2 - 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. З урахуванням додавання до механізму охолодження ефекту інгібування рекомендується додавати до 10%мас. NaCl або $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Висновки. В роботі експериментально досліджено вплив на фізико-хімічні властивості розчинів природи добавки, їх концентрації у розчині, температури розчину та природи поверхні, з якою він