

*Кустов М.В., ад'юнкт, УЦЗУ,
Калугін В.Д., д-р хім. наук, проф., УЦЗУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІСТИННИХ РОЗЧИНІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

На основі теорії планування експериментів розроблена методика проведення експериментів по встановленню фізико-хімічних параметрів істинних розчинів та побудовані моделі залежностей фізико-хімічних параметрів істинних розчинів від концентрації добавки та температури

Постановка проблеми. При ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру використовують великий спектр істинних розчинів на основі води. В якості добавок до води використовуються електроліти, полімери та поверхнево-активні речовини (ПАР). Ефективність дії розчинів речовин, що використовуються для ліквідації НС, залежить від характеру контакту рідини та твердої поверхні, на яку вона подається. Характер цього контакту суттєво залежить від фізико-хімічних властивостей на межі розподілу тверда поверхня/розчин. Різні добавки до води впливають на фізико-хімічні властивості розчину по різному, тому є актуальним як експериментальне дослідження залежності фізико-хімічних властивостей істинних розчинів від концентрації добавок, температури розчину та характеру твердої поверхні, так і пошук можливостей їх дослідження за допомогою математичних моделей, які можуть бути побудовані на базі експериментальних даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основними властивостями рідких речовин, які впливають на їх вогнегасну ефективність, є поверхневий натяг (σ) та в'язкість (η). Встановлено, що для збільшення ефективності рідин при ліквідації НС необхідно мінімізувати їх поверхневий натяг [1]. Також відомо, що для затримки рідини на похилих та вертикальних поверхнях необхідно досягати достатньо великої в'язкості істинних розчинів. Однак не існує до останнього часу спроб математичного моделювання залежностей фізико-хімічних властивостей розчинів від їх складу та температури.

Постановка завдання та його вирішення. При ліквідації НС рідини можуть подаватися як на металеві поверхні (залізнодорожні цистерни, резервуари, металоконструкції), так і на дерев'яні (при ліквідації загорань), тому доцільно дослідити зміну фізико-хімічних характеристик на межі поділу розчин/метал та розчин/деревина при різних температурах.

З метою визначення залежностей поверхневого натягу вогнегасних розчинів на основі води від температури розчину, концентрації добавок та характеру поверхні поділу фаз були проведені повні факторні експериментальні дослідження.

Поверхневий натяг (σ) вимірювався методом «відриву кільця». Для дослідження σ на поверхні поділу розчин/метал матеріал кільця згідно [2] використовували ніхром. Для дослідження σ на поверхні поділу розчин/деревина використовували дерев'яну (сосна) рамку розмірами 40*40мм. Для дослідження поверхневих властивостей деревини в умовах, що імітують процес горіння, використовували дерев'яну обвуглену рамку.

Оскільки досліджували вплив тільки двох факторів – концентрації добавки та температури, то був поставлений експеримент типу 2^2 [3]. Для побудови поліному другого порядку користувалися методом, запропонованим Г. Е. П. Боксом та К. Б. Вільсоном [4], згідно до якого використовували ортогональні плани першого порядку в якості ядра, на якому потім добудовували конструкцію плану другого порядку. В роботі використовували рототабельні плани другого порядку, так як вони, відмінно від ортогональних, дають можливість передбачати значення функції відгуку з дисперсією, однаковою на рівних відстанях від центру плану [5]. Для цього додатково проводились експерименти в центрі плану (на нульовому рівні) та на відстані d від центру. В цьому випадку зіркове плече d вибиралось із умови інваріантності плану до обертання. Так як ми маємо двохфакторний експеримент, то для побудови центрального композиційного рототабельного плану брали 4 зіркові точки та 5 точок на нульовому рівні. Величина плеча d для зіркових точок дорівнює 1,414. Рототабельний план другого порядку представлений у таблиці 1. Матриця двохфакторного експерименту по визначенню залежності поверхневого натягу та в'язкості розчину від концентрації добавки електроліту та температури розчину приведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Центральний композиційний рототабельний план другого порядку для двох факторів

Дослід	x_0	$x_1(t)$	$x_2(c)$	x_1^2	x_2^2	x_1x_2	y_σ	y_η
Планування типу 2^2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	73.45	1,04
	+1	+1	-1	+1	+1	+1	59.06	0,332
	+1	-1	+1	+1	+1	+1	82.05	1,44
	+1	+1	+1	+1	+1	-1	66.91	0,45
Зіркові точки	+1	-1,414	0	2	0	0	80.57	1,23
	+1	+1,414	0	2	0	0	61.91	0,37
	+1	0	-1,414	0	2	0	65.32	0,471
	+1	0	+1,414	0	2	0	73.81	0,76
Нульові точки	+1	0	0	0	0	0	65.65	0,56
	+1	0	0	0	0	0	65.57	0,568
	+1	0	0	0	0	0	65.6	0,559
	+1	0	0	0	0	0	65.69	0,561
	+1	0	0	0	0	0	65.56	0,56

Таблиця 2 – Матриця планування

Рівень та інтервал зміни факторів	Щільність, г/см ³	
	Температура, °C	Концентрація добавки, %мас.
Нульовий рівень, $x_i=0$	55	10
Інтервал зміни, δ_i	30	7
Верхній рівень, $x_i=1$	85	17
Нижній рівень, $x_i= -1$	25	3
Кодове позначення	X_1	X_2

Розрахунок коефіцієнтів регресії за результатами експериментів проводили за наступними формулами

$$b_0 = \delta'_0 \sum_{u=1}^n y_u - \delta''_0 \sum_{u=1}^n \sum_{i=1}^k x_{iu}^2 y_u ; \quad (1)$$

$$b_i = \delta_i \sum_{u=1}^n x_{iu} y_u ; \quad (2)$$

$$b_{ij} = \delta_{ij} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} y_u ; \quad (3)$$

$$b_{ii} = \delta'_{ii} \sum_{u=1}^n x_{iu}^2 y_u + \delta''_{ii} \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^n x_{iu}^2 y_u - \delta'''_{ii} \sum_{u=1}^n y_u . \quad (4)$$

Значення δ , що входять до формул (1)-(4), бралися із [5] та дорівнюють: $\delta_0' = 0.2$, $\delta_0'' = 0.1$, $\delta_i = 0.125$, $\delta_{ij} = 0.25$, $\delta_{ii} = 0.125$, $\delta_{ii}'' = 0.0188$, $\delta_{ii}''' = 0.1$.

З розрахунку отримали моделі наступного вигляду

$$y_{\sigma} = 0,0031x_1^2 + 0,0163x_2^2 - 0,0039x_1x_2 - 0,539x_1 + 0,0368x_2 + 65.5 . (5)$$

$$y_{\eta} = 0,00049x^2 + 0,0225x + 0,00014y^2 - 0,025y - 0,00028yx + 1,434 . (6)$$

Таким же чином отримували моделі і для поверхневого натягу на межі поділу деревина обвуглена/розчин та метал/розчин та модель для в'язкості для інших розчинів з різними добавками.

Отримавши поліноміальну модель проводимо статистичну оцінку. Перевіряємо відтворення процесу за критерієм Кохрена за формулою

$$G = \frac{s_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^n s_u^2} \leq G_{(0.05; f_n; f_u)} . \quad (7)$$

де s_u^2 – дисперсія, що характеризує розсіяння результатів досліджень на u -м рівні факторів; $s_{u\max}^2$ – найбільше із дисперсій у строчках плану; $G_{(0.05; f_n; f_u)}$ - табличне значення критерію Кохрена при 5% - вому рівні значимості; $f_n = n$ – число незалежних оцінок дисперсії; $f_u = m - 1$ – число ступенів свободи кожної оцінки.

За критерієм Ст'юдента перевіряли значимість коефіцієнтів. Довірчий інтервал визначався за формулою

$$|b_i| \geq \Delta b_i = t_{(0.05; f_y)} \sqrt{\frac{s_y^2}{n}} . \quad (8)$$

де $t_{(0.05; f_y)}$ - 5% - ва точка розподілу Ст'юдента з f_y - ступенями свободи, $t=2,7764$ [5].

Усі коефіцієнти моделі (5) більші довірчого інтервалу – 0,0012. Коефіцієнти при x^2 , y^2 та xy моделі (6) не значимі, таким чином модель (6) приймає такий вигляд

$$y_\eta = 0,0225x - 0,025y + 1,434. \quad (9)$$

Коефіцієнт регресії визначається з різними дисперсіями, для розрахунку яких використовували формули

$$s_{b_0}^2 = \gamma_0 s_y^2, \quad (10)$$

$$s_{b_{ii}}^2 = \gamma_i s_y^2, \quad (11)$$

$$s_{b_i}^2 = \gamma_i s_y^2, \quad (12)$$

$$s_{b_{ij}}^2 = \gamma_{ij} s_y^2. \quad (13)$$

де $\gamma_0=0.2$, $\gamma_i=0.125$, $\gamma_{ii}=0.125$, $\gamma_{ij}=0.25$ [5].

Похибка експерименту при рототабельному плануванні може визначатися за експериментами в центрі плану

$$s_0^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_{0u} - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1}. \quad (14)$$

Чисельник формули (14) представляє собою залишкову суму квадратів у центрі плану S_0 , а знаменник пов'язаний із числом ступенів свободи $f_0=n_0-1$. Загальна остаточною сумою квадратів плану визначається

$$S_{заг} = \sum_{u=1}^n (y_u - y_{ирозрах})^2. \quad (15)$$

Дисперсія адекватності моделі характеризується сумою

$$S_{ad} = S_{заг} - S_0. \quad (16)$$

З числом ступенів свободи

$$f_{ad} = n - \frac{(k+2)(k+1)}{2} - (n_0 - 1). \quad (17)$$

де k – кількість факторів в експерименті, $k=2$.

Дисперсія адекватності

$$s_{ad}^2 = \frac{S_{ad}}{f_{ad}}. \quad (18)$$

Адекватність моделі перевіряється за критерієм Фішера

$$F = \frac{s_{ad}^2}{s_0^2} \leq F_{(0.05; f_{ad}; f_y)}. \quad (19)$$

де $F_{(0.05; f_{ad}; f_y)}$ - критерій Фішера при 5%-вому рівні значимості; f_{ad} - число ступенів свободи дисперсії адекватності; f_y – число ступенів свободи дисперсії відтворювання.

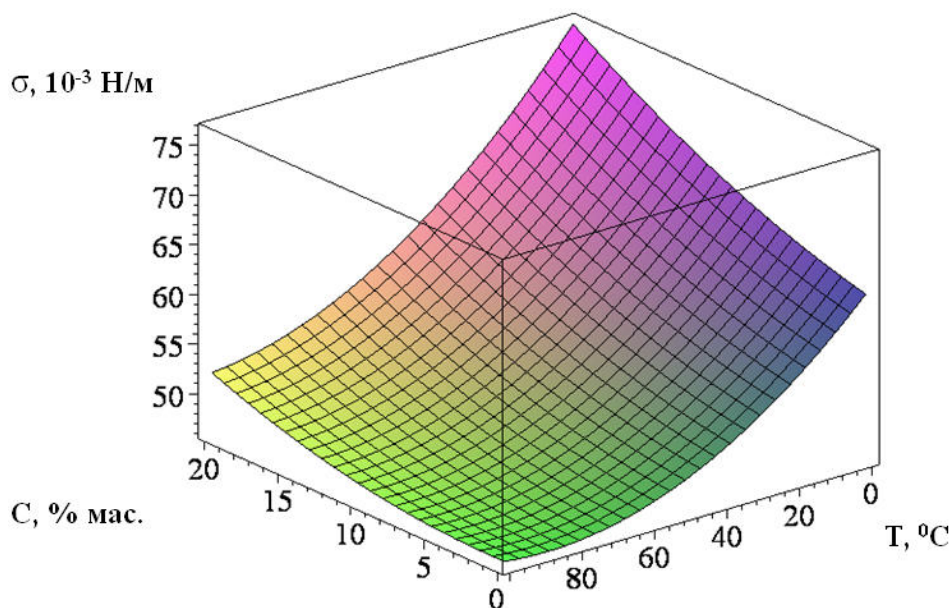


Рис 1 – Залежність поверхневого натягу розчину від температури та концентрації електроліту

Таким чином для (5) маємо за критерієм Кохрена: $0,6667 < 0,9065$, для (9) – $0,789 < 0,9065$, тобто процес відтворюється, а за критерієм Фішера: $1,3333 < 7,7086$ для (5) та $2,456 < 7,7086$ для (9), тобто моделі адекватні. Графічне зображення моделей (5) та (9) приведені на рисунках 1, 2.

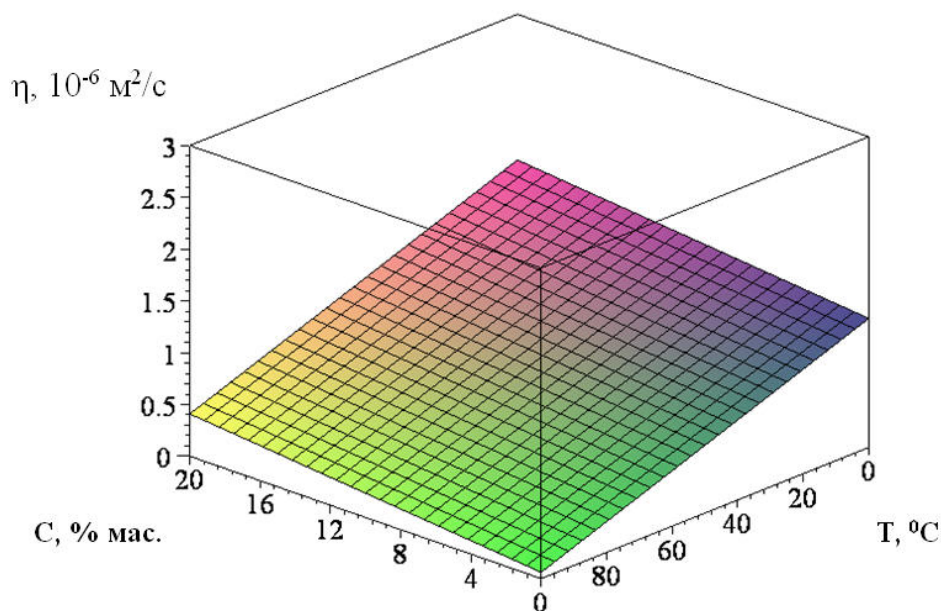


Рис 2 – Залежність в'язкості розчину від температури та концентрації електроліту

Графічне зображення інших моделей, отриманих при проведенні експериментальних досліджень, приведені у роботі [6].

Висновки. Таким чином, на основі математичного планування експерименту були проведені дослідження фізико-хімічних властивостей істинних розчинів на основі води. Побудовані математичні моделі залежностей поверхневого натягу та в'язкості від концентрації добавок та температури розчину. З представлених у роботі математичних моделей видно, що додавання електролітів до розчину має менший вплив на фізико-хімічні властивості, ніж температура розчину. Так як математичні моделі дають можливість визначення впливу на фізико-хімічні властивості розчинів кожного з факторів, то вони дозволяють оптимізувати поверхневий натяг та в'язкість істинних розчинів для використання їх при ліквідації НС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. – Харків, 2004. – 252 с.
2. ДСТУ 4041-2001. Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
3. Кренецкий И.И. Основы научных исследований. Уч. пособие для вузов. – Киев-Одесса, 1981. – 208с.
4. Vox G. E. P., Wilson K. B. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. – “Journal of the Royal Statistical Society”? Series B, 1951, 13, № 1, p. 1 – 45.
5. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – «Техника», 1975. – 168 с.
6. Кустов М.В., Калугін В.Д. Фізико-хімічні властивості вогнегасних рідин в умовах, наближених до пожежі. // Сучасні проблеми фізичної хімії: Матеріали III Між нар. конф. – Донецьк, 2007. – С. 141-142.

УДК 355.77

*Метелев А.В., канд. техн. наук, декан, УГЗУ,
Вандер К.А., д-р мед. наук, доц., УГЗУ,
Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Ромин А.В., канд. техн. наук, зам. нач. фак., УГЗУ*

ОЦЕНКА САНИТАРНЫХ ПОТЕРЬ НАСЕЛЕНИЯ В ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ОЧАГАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ СОВЕРШЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО АКТА

(представлено д-ром техн. наук Яковлевой Р.А.)

Рассмотрен порядок оценки санитарных потерь населения в эпидемических очагах чрезвычайных ситуаций, обусловленных применением террористами в качестве биологических агентов легочной чумы, сибирской язвы, туляремии, холеры, бруцеллеза и дифтерии. Показана возможность снижения санитарных потерь за счет улучшения санитарно-противоэпидемической подготовки населения

Постановка проблемы. Одним из основных мероприятий гражданской защиты населения является его защита от биологи-

Метелев А.В., Вандер К.А., Фесенко Г.В., Ромин А.В.