

MARITIME SECURITY MAINTENANCE

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-527-3-34>

THE INFLUENCE OF THE CONCENTRATION OF SURFACE-ACTIVE CHEMICALS ON THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF FOAM USED IN SHIP FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПІНИ, ЩО ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Ihnatenko Oleksandr Anatolyovych

*Chief of the Department of Ship Power
Engineering and Electrical Power
Systems, Naval Institute
of the National University "Odesa
Maritime Academy"
Odesa, Ukraine*

Ігнатенко Олександр Анатольович

*начальник кафедри корабельної
енергетики та електроенергетичних
систем, Інститут Військово-морських
Сил Національного університету
«Одеська морська академія»
м. Одеса, Україна*

Velyka Olga Ivanivna

*Lecturer of the Department of Ship
Power Engineering and Electrical
Power Systems, Naval Institute of the
National University
"Odesa Maritime Academy"
Odesa, Ukraine*

Велика Ольга Іванівна

*викладач кафедри корабельної енергетики
та електроенергетичних систем,
Інститут Військово-морських Сил
Національного університету
«Одеська морська академія»
м. Одеса, Україна*

В даний час системи піногасіння відіграють ключову роль у гасінні пожеж, особливо щодо гасіння легкозаймистих (спирт, паливо-мастильні матеріали, фарби) та горючих речовин (деревина, папір, пластик), які у великій кількості знаходяться на кораблях (суднах). Так до переваг гасіння пожеж піною можна віднести наступні фактори:

піна легше за будь-яку займисту рідину, що викликає ефект покриття поверхні горіння; вона розтікається по поверхні пригнічуючи полум'я; наявність води, що міститься в піноутворювачі, сприяє охолодженню матеріалу, що горить;

пінний покрив запобігає виділенню горючих випарів;

застосування піни різної кратності (низької, середньої або високої) дозволяє знайти найбільш дієвий варіант пожежогашіння.

Проте, ефективність піни залежить від її стійкості та швидкості дренажу рідини з міжпухирцевого простору.

Автори у своїй роботі пропонують провести моделювання дренажу пінної плівки з урахуванням концентрації поверхнево-активної речовини (далі – ПАР), для чого пов'язати параметри дренажу з рівнянням поверхневого натягу від концентрації ПАР та вирішити модифіковану систему диференціальних рівнянь.

У класичних роботах [1 – 3] вже розглядалися рівняння дренажу та фактори, що впливають на стійкість піни.

Так, якщо розглянути вертикальну пінну ділянку або горизонтальний шар піни, утворений на поверхні розчину ПАР, то дренаж піни можна описати як рух рідини вниз (під дією сил гравітації) усередині сітки між пухирцями.

В одномірній моделі товщина рідинного прошарку в піні залежатиме від координати z та часу t . Нехай $h(z, t)$ – локальна товщина рідкої фази у пінних «каналах». Швидкість дренажу визначається балансом капілярних сил, в'язкого тертя та сил тяжіння. При цьому коефіцієнт поверхневого натягу σ залежить від концентрації ПАР (c).

Припустимо, що коефіцієнт поверхневого натягу залежить від концентрації ПАР згідно з виразом:

$$\sigma(c) = \sigma_0 - a \tanh(bc),$$

де σ_0 , a , b – емпіричні параметри, що підбираються на основі табличних даних отриманих експериментальним шляхом.

Ця залежність відбиває насичення міжфазних поверхонь зі збільшенням концентрації ПАР.

Математична модель дренажу: рівняння дренажу можуть бути виведені з умови рівноваги потоків рідини між пухирцями. Одне з відомих наближень [2, 5] дає нам рівняння типу:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} (U(h, c)h),$$

де $U(h, c)$ – швидкість витoku рідини з даного шару. Швидкість дренажу можна представити як функцію, яка залежить від в'язкості η , щільності ρ , прискорення вільного падіння g і поверхневого натяжіння $\sigma(c)$:

$$U(h, c) \approx \frac{\rho g h^2}{\eta} F(\sigma(c)),$$

де $F(\sigma(c))$ – коефіцієнт, що враховує вплив капілярних градієнтів та міжфазного натягу.

Наприклад:

$$F(\sigma(c)) = 1 + \alpha \left. \frac{d\sigma}{dc} \right|_c .$$

Таким чином, стратегія моделювання дренажу пінної плівки з урахуванням концентрації ПАР буде виглядати наступним чином:

1. Вибір параметрів: встановити діапазон концентрацій ПАР (c), для кожного значення визначити поверхнєве натягіння $\sigma(c)$.

2. Чисельне рішення диференціальних рівнянь з застосуванням компютерних застосунків MATLAB або Python для вирішення рівняння дренажу за заданих граничних умов.

3. Аналіз результатів: виміряти час, за який товщина пінної плівки зменшується вдвічі (або в e раз) для різних c . Показати графіки $h(z, t)$ для різних концентрацій.

Наступним етапом дослідження у цьому напрямку планується провести моделювання охолоджуючого ефекту пінного шару на поверхнях горіння.

Таким чином, на відміну від більшості робіт, що описують лише емпіричні дані або статичні характеристики піни, пропонується модель прямо пов'язує концентрацію ПАР зі зміною її макроскопічних термофізичних властивостей. Це створює основу для параметричних досліджень, що дозволяють зрозуміти, яким чином регулювання складу ПАР може оптимізувати процес охолодження ході пожежогасіння.

Література:

1. Saint-Jalmes, A. (2006). Physical chemistry in foam drainage and coarsening. *Soft Matter*, **2(10)**, 836–849.
2. Denkov, N. D., Tcholakova, S., Golemanov, K., Ananthapadmanabhan, K. P., & Lips, A. (2009). The role of surfactant type and bubble surface mobility in foam rheology. *Soft Matter*, **5(18)**, 3389–3408.
3. Weaire, D., & Hutzler, S. (1999). *The Physics of Foams*. Clarendon Press.
4. Exerowa, D., & Kruglyakov, P. M. (Eds.). (1998). *Foam and Foam Films: Theory, Experiment, Application*. Elsevier.
5. Koehler, S. A., Hilgenfeldt, S., & Stone, H. A. (2000). A generalized view of foam drainage: Experiment and theory. *Langmuir*, **16(15)**, 6327–6341.