

УДК 614.841.415

Реологічні властивості піноутворювачів

Коваль О.Д.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Анотація: Найчастіше для гасіння пожеж використовують воду, або воду з спеціальними добавками (піноутворювачами) – поверхнево-активними речовинами.

Ручні пожежні стволи створюють тиск 5..12 бар при витраті 300л/хв. Втрати по довжині залежать від довжини гідравлічної лінії, режиму течії рідини, який залежить від в'язкості, швидкості рідини та діаметру перерізу трубопроводу. В'язкість рідини залежить від реологічних властивостей піноутворювача, відомості про які зазвичай відсутні або недостатні. Додаванням піноутворювачів можна змінювати реологічні властивості та впливати на дисперсність розпилення краплин водних вогнегасних речовин, що дозволить зменшити кількість вогнегасної речовини без зниження ефективності пожежогасіння. С.В. Жартовський встановив, що відбувається зменшення розмірів краплин в 4 рази при введенні до складу води 31,5% розчину вогнегасної речовини ФСГ–2. В роботі представлені результати досліджень сучасних піноутворювачів закордонного та вітчизняного виробництва з метою порівняння їх основних реологічних характеристик з характеристиками піноутворювачів, які досліджені раніше.

Ключові слова: реологія; поверхнево-активні речовини; динамічна в'язкість

В практиці пожежогасіння поверхнево-активні речовини (ПАР) зазвичай використовуються для зміни поверхневого натягу водних розчинів та для створення повітряно-механічної піни різної кратності.

Застосування піни та розчинів ПАР є ефективним методом пожежогасіння. Піноутворювачі використовують передусім з метою підвищити вогнегасну ефективність, стійкість піни, довжину суцільного струменя вогнегасної рідини і, як наслідок, на дальність подавання та її характеристики.

Слід зазначити, що є необхідність забезпечувати подавання до вогнища пожежі або охолоджувану зону вогнегасної рідини в потрібній кількості, у потрібному стані з метою створення струменів з заданими характеристиками.

Вплив добавок на дисперсність розпилення краплин водних вогнегасних речовин може позначатися на зменшенні кількості вогнегасної речовини без зниження ефективності пожежогасіння. Так, Жартовський С.В., досліджуючи реологічні властивості водної вогнегасної речовини ФСГ–2, встановив зменшення розмірів краплин в 4 рази при введенні до складу води 31,5% розчину даної вогнебіозахисної речовини [1]. Також були виявлені деякі фізико-хімічні властивості, які призвели до забезпечення високої вогнегасної здатності речовини ФСГ–2 під час гасіння макетних вогнищ класу А.

Додавання до води ПАР з різною концентрацією може суттєво впливати не тільки на ефективність пожежогасіння, але і на реологічні і отже гідравлічні характеристики потоку рідини в пожежно-технічному обладнанні та гідравлічні характеристики компактних та розпиленних струменів, що утворюються пристроями їх подавання і формування - пожежними стволами, насадками, форсунками, зрошувачами, тощо.

Якщо звичайну воду при розрахунках розглядають як ньютонівську рідину, в'язкість якої залежить від температури, то дані щодо реологічних властивостей сучасних піноутворювачів відсутні або недостатні.

Були проведені експериментальні дослідження з метою виявити зміну характеру струменя від концентрації ПАР. На рис.1 представлено якісний результат таких досліджень.

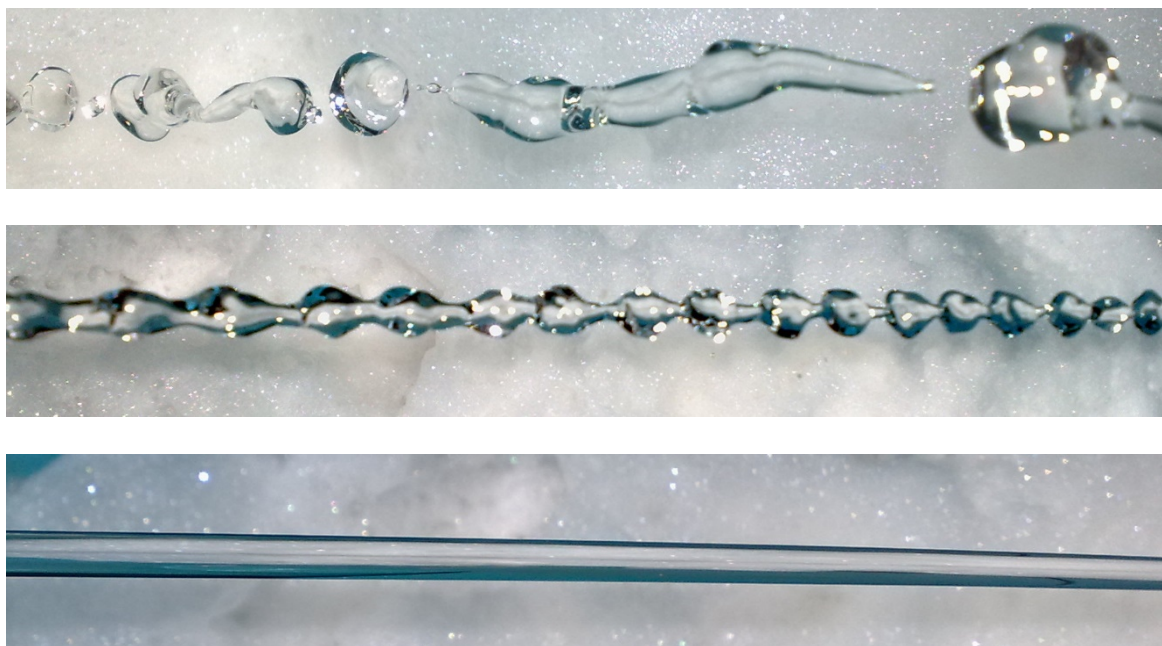


Рис.1. Види струменів залежно від концентрації в них поверхнево-активних речовин

Виникнення гідравлічних втрат при русі в'язкої рідини пов'язане з роботою сил тертя усередині рідини. Відомо, що втрати енергії залежать від режиму руху рідини (Re). Для ламінарного режиму течії їх можна визначити за формулою

$$h_{\text{тер}} = \frac{128\nu l}{\pi g d^4} Q,$$

де l – довжина; g – прискорення вільного падіння; d – діаметр трубопроводу; Q – витрата, ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Формулу для втрати напору можна визначити за формулою

$$h_{\text{тер}} = \frac{p_{\text{тер}}}{\rho g} = \frac{8\mu l}{\pi g \rho r_0^4} Q,$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, ρ – густина рідини, r – радіус труби.

З формул випливає, що змінюючи тим або іншим чином в'язкість рідини можна змінювати втрати на її перекачку трубопроводом, тобто перекачувати більшу кількість з меншим напором (тиском).

Якщо розглядати потік води з наявним в ній ПАР, то можна припустити, що така суміш може мати неньютонівські властивості, які можуть призводити до виникнення аномалії в'язкості. В'язкість неньютонівської рідини не залишається постійною при заданих температурі і тиску, а залежить від інших факторів, таких, як швидкість деформації, конструктивних особливостях апаратури, у якій знаходиться рідина та інш.

Для виявлення аномалії в'язкості ПАР використовувався ступеневий закон Освальда де Віля

$$\tau = k\dot{\gamma}^n,$$

де k – міра консистенції рідини; n – величина, що характеризує ступінь неньютонівської поведінки матеріалів (див.рис.2).

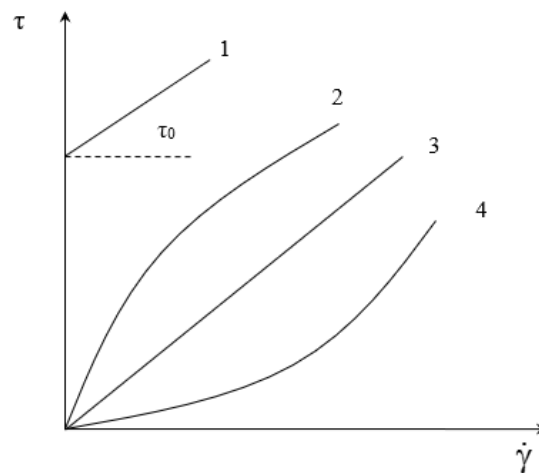


Рис.2. Реологічні криві для різних типів рідин:
 1 – бінгамівський пластик (τ_0 – початкова межа текучості);
 2 – псевдопластична рідина ($n < 1$); 3 – ньютонівська рідина ($n = 1$);
 4 – дилатантна рідина ($n > 1$).

І.Ньютоном були сформульовані загальні закони внутрішнього і визначено, що сила тертя в рідких тілах

$$T = -\mu \omega \frac{du}{dr}$$

має наступні властивості:

- прямо пропорційна відносній швидкості переміщення шарів рідини, тобто градієнту швидкості du/dr ;
- прямо пропорційна площі поверхні взаємодії шарів ω ;
- залежить від властивостей або роду рідини, тобто залежить від динамічної в'язкості μ .

Дотичне напруження τ можна записують у вигляді

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr}$$

Серед піноутворювачів, які розглянуті в роботі були піноутворювачі Пірена-1, Софір, Sthamex(F15), Альпен, Moussol, SthamexAFFF, Pianol.

Для проведення реологічних досліджень піноутворювачів було використано ротаційний віскозиметр Rheotest-2.

За результатами досліджень побудовані реологічні криві (рис.3) в логарифмічних координатах, що дало можливість визначити ступінь неньютонівської поведінки піноутворювачів.

Результати реологічних досліджень представлені в табл.1.

Таблиця 1

Значення n для досліджуваних піноутворювачів

Альпен	Moussol	Sthamex AFFF	Пірена-1	Pianol	Софір	Sthamex (F15)
0,96	0,38	0,95	1,08	0,96	1,08	1,12

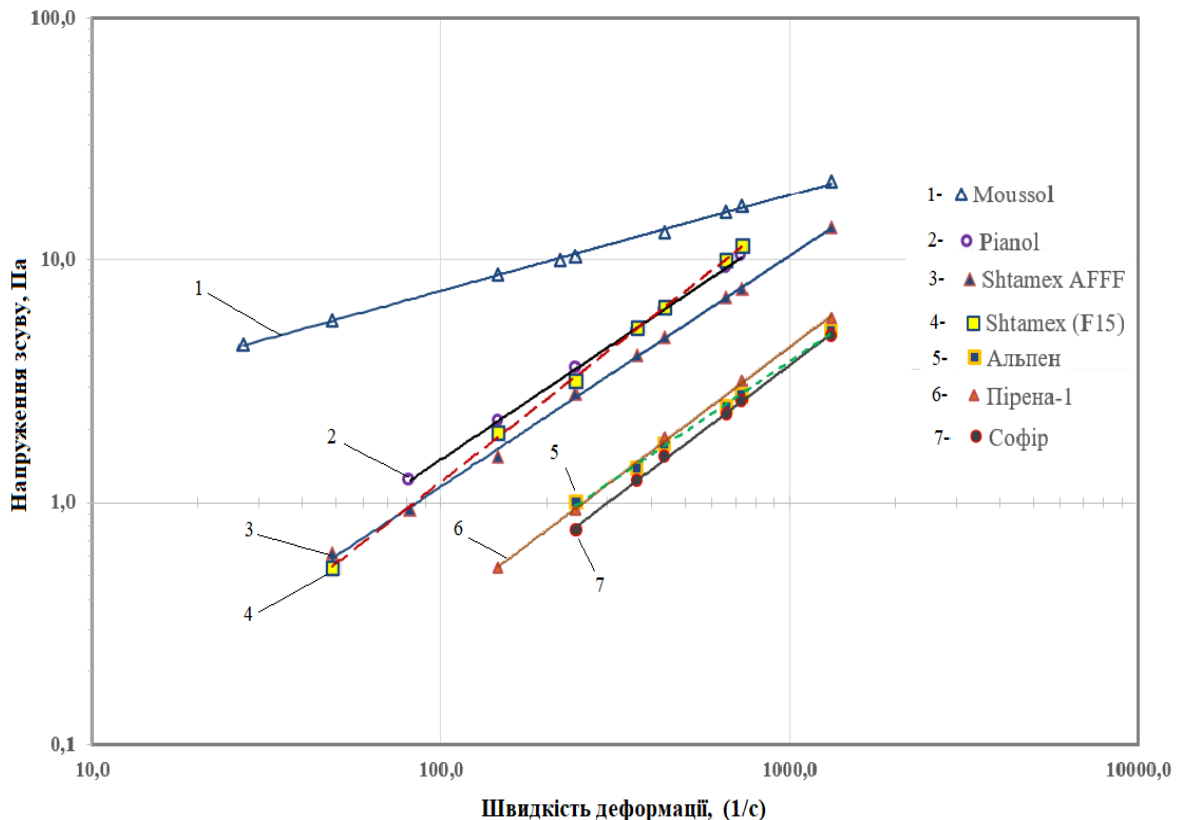


Рис.3. Реологічні криві досліджуваних рідин: 1 – Moussol; 2 – Pianol; 3 – ShtamexAFFF; 4 – Shtamex(F15); 5 – Альпен; 6 – Пірена-1; 7 – Софір

З урахуванням похибки приладу (3-4%) та похибки вимірювання, можна вважати, що за виключенням рідини Moussol, всі піноутворювачі можна вважати ньютонівськими рідинами. До того ж ПАР в суміші для гасіння складає декілька відсотків, а отже навіть незначна аномалія в'язкості ПАР не буде впливати на реологічні характеристики суміші. Це означає, що розраховувати параметри пожежно-технічного обладнання та параметрів струменів можна за формулами для ньютонівських рідин. Що стосується рідини Moussol, то аномалія в'язкості може частково впливати лише при певних концентраціях та витратах водних розчинів. Як видно з графіка (рис.3) рідина Moussol буде мати найбільше напруження зсуву при малих витратах, а при збільшенні витрати суміші може бути меншим за напруження зсуву інших, розглянутих в роботі піноутворювачів.

Висновки

1. Піноутворювачі які було розглянуто, окрім Moussol, можна вважати ньютонівськими рідинами. Додавання таких ПАР до води не буде впливати на умови витікання і слід розглядати зміну поверхневих і міжфазних властивості водних розчинів таких піноутворювачів.

2. Піноутворювач Moussol є псевдопластичною рідиною. Вплив такої рідини на умови течії необхідно вивчити окремо.

Список літератури

1. Жартовський С.В. Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2 / С. В. Жартовський, О. Д. Коваль, І. Г. Маладика, В. М. Кришталь // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. № 9. – С. 53–60.