

М.: ЦНИИТЭП, 1971. 7. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / Под ред. А.А. Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с. 8. Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчёт прочности железобетонных конструкций при различных силовых воздействиях по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. – 2002.– № 3. – С. 10 – 13.

УДК 532.582.82

Б.С. Піцишин, В.І. Орел  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра гідравліки та сантехніки

## ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІН ЗА ДОПОМОГОЮ НАТРІЙКАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗИ

© Піцишин Б.С., Орел В.І., 2009

Для приготування розчинів карбоксиметилцеллюлози використовувалась установка з ексцентричними циліндрами, внутрішній з яких обертався. Одержано зменшення числа Рейнольдса за збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя та збільшення коефіцієнта тертя за збільшення концентрації карбоксиметилцеллюлози за однакових чисел Рейнольдса.

For preparation of solutions of karboksymetylcellulose setting was utilized with eccentric cylinders the internal from which was revolved. Diminishing of Reynolds' number at the increase of excentricity at the permanent values of coefficient of friction and increase of coefficient of friction at the increase of concentration of karboksymetylcellulose at the identical Reynolds' numbers are got.

**Вступ.** Поверхнево-активні речовини (ПАР) хоча і утворюють густі піни, але їхня стійкість не повністю відповідає вимогам пожежної безпеки. Стійкість пін можна підвищити, вводячи в розчини ПАР малі кількості речовин, які самі не утворюють піну. Але здебільшого ці добавки необхідно вводити не в робочі розчини, а в концентровані піноутворювачі. У робочих розчинах цієї речовини міститься близько 0,1 %, але і в такій кількості вона повинна значно підвищити стійкість піни. Добавки, що збільшують стійкість пін, поділяють на такі групи [1]:

- 1) загущувальної дії, тобто ті, що підвищують в'язкість розчину піноутворювача, завдяки чому зменшується швидкість зневоднення піни;
- 2) ті, що беруть участь в побудові адсорбційних шарів;
- 3) ті, що створюють в розчині структури, елементи яких переходять в плівки пін, перешкоджаючи їхньому зневодненню;
- 4) вибіркової дії, що підвищують стійкість пін на певній межі розділу.

До першої групи належать гліцерин, етиленгліколь, триетаноламін, метилцелюлоза, натрійкарбоксиметилцелюлоза (Na-КМЦ). Деякі з них, наприклад метилцелюлоза і Na-КМЦ, під час введення у водні розчини ПАР у кількості 1 % збільшують в'язкість композицій в десятки разів. Під час введення Na-КМЦ у кількості 0,5 % спостерігається збільшення стійкості піни лише для аніон-активних речовин.

Крім того, під час введення Na-КМЦ, поліакриламід (ПАА), моноалкілоламід та інших речовин змінюється поверхневий натяг.

Різні добавки не однаково змінюють в'язкість розчинів ПАР із збільшенням їхнього вмісту у розчині. Для ПАА, поліакрилату натрію, метилцелюлози, поліоксиетилену, Na-КМЦ спостерігається значне зростання в'язкості, очевидно, внаслідок утворення структури, що підвищує

стійкість піни. Характер зміни часу гасіння розчинами з додатками вказує, що найбільший ефект досягається за збільшення в'язкості усього лише до  $(2...3) \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Подальше збільшення в'язкості фактично не впливає на ефективність гасіння. Додаючи до води незначну кількість загущувальних додатків, можна підвищити ефективність гасіння більше ніж у 1,8 раза.

Експериментальними дослідженнями течії в трубі суспензій вугільного пилу у рідкому паливі з додаванням додатків КМЦ одержано зменшення опору на 10 % [2]. Такого ефекту слід очікувати і під час гасіння пожеж пінами, що сприятиме збільшенню далекобійності струменя [3].

Необхідною умовою роботи додатків КМЦ є переведення їх з початкового сухого стану у розчин. Для приготування використовують мішалки. Нами запропонована мішалка з гладким циліндричним ротором, ексцентрично розташованим стосовно осі бака [4], яку можна використовувати для приготування полімерних розчинів [5].

**Мета роботи** – дослідження коефіцієнта тертя в проміжку між ротором та статором. Для цього необхідно дослідити роботу мішалки в певному діапазоні кількості обертів та ексцентриситету розташування циліндричного ротора для різних концентрацій КМЦ.

**Експериментальні дослідження.** Використовувалася установка з ексцентричними циліндрами, внутрішній з яких обертася [6] (рис. 1) з кутовою швидкістю 21...256 об./хв. Швидкість обертання ротора регулювали зміною напруги, яка подавалась на електродвигун. Частоту обертання внутрішнього циліндра вимірювали тахометром.

Опис установки та методику проведення досліджень наведено у [7].

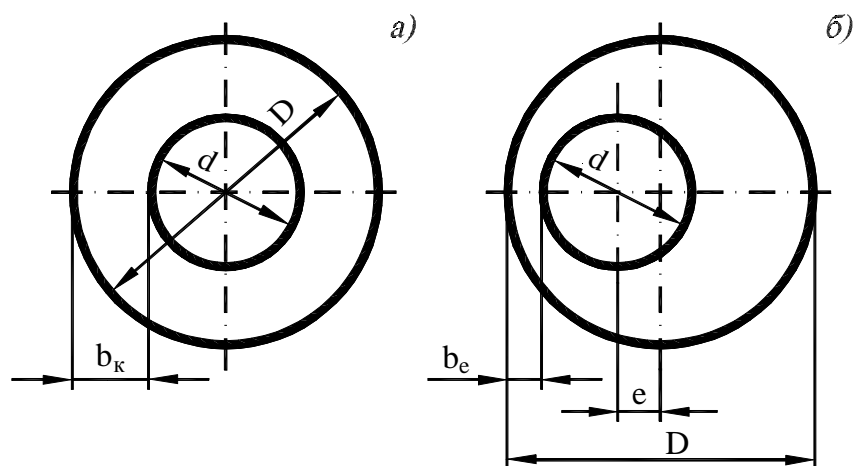


Рис. 1. Схема розташування ротора та статора: а – коаксіальне; б – аксіальне;  
 $b_k$  – ширина проміжку за коаксіального розташування;  $b_e$  – те саме, за аксіального;  
 $e$  – ексцентриситет

Висота зовнішнього циліндра – 15,3 см, його діаметр –  $D = 14,2$  см; діаметр внутрішнього циліндра –  $d = 11,3$  см. Об'єм установки – 888,6 см<sup>3</sup>. Відносна ширина проміжків між циліндрами  $b_e/b_e$  змінювалась у межах від 1,0 до 0,11. Індокси "ä" та "ê" відповідають ексцентричному та концентричному розташуванню циліндрів, а  $b_e$  – ширина проміжку у найвужчому його місці.

Досліджувалися водні розчини КМЦ з додаванням NaHCO3 для стабілізації. Масові концентрації КМЦ були 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 %, NaHCO3 – 0,2 % від маси розчину. Концентрації визначали за вмістом у розчині безводної речовини КМЦ. Використовувався клей КМЦ (ТУ.У.24.6.-251011682007–2002).

Будувались графіки залежності  $C_F = f(Re)$  за течії водних розчинів КМЦ в проміжку між циліндрами для співвідношення діаметрів  $d/D=0,8$  та змінних  $b_e/b_k$  (рис. 2).

Коефіцієнт тертя у проміжку між ротором та статором обчислювали за формулою

$$C_F = \frac{2t}{r \cdot V^2}, \quad (1)$$

де  $\rho$  – питома маса розчину;  $V$  – лінійна швидкість обертання ротора;  $t$  – середні дотичні напруження на стінці ротора:

$$t = \frac{T}{2\rho \cdot r \cdot H}, \quad (2)$$

$r$  – радіус ротора;  $H$  – висота ротора;  $T$  – сумарна сила тертя, прикладена до бічної поверхні ротора:

$$T = \frac{M}{r}; \quad (3)$$

$M$  – гальмівний момент, що діє на внутрішній циліндр:

$$M = \frac{N \cdot 60}{2\rho \cdot n}; \quad (4)$$

$N$  – споживана потужність двигуна;  $n$  – кількість обертів ротора.

Число Рейнольдса, що характеризує режим течії рідини у проміжку між ротором та статором:

$$Re = \frac{V \cdot b_e}{\nu}, \quad (5)$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість розчину.

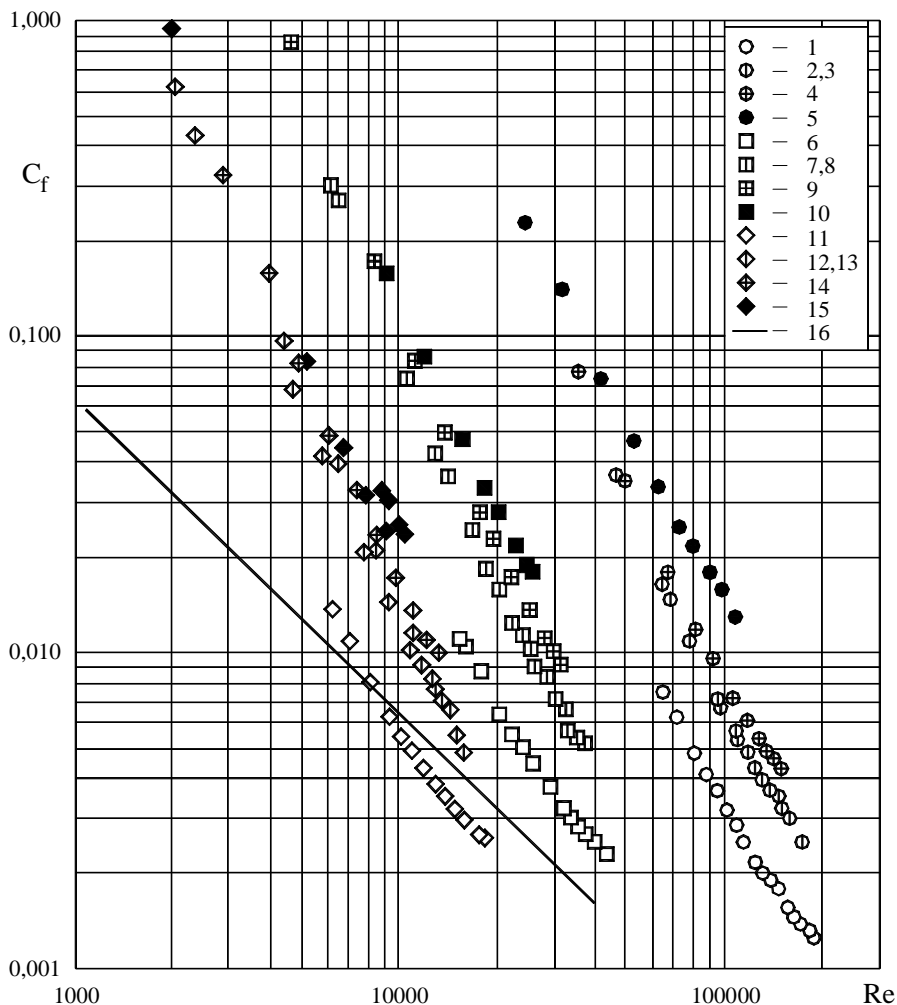


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тертя  $C_F$  у проміжку між ротором та статором від числа Рейнольдса  $Re$  для води (1, 6, 11) та водних розчинів КМЦ масовими концентраціями  $C = 0,5\%$  (2, 7, 12);  $1,0\%$  (3, 8, 13);  $2,0\%$  (4, 9, 14);  $4,0\%$  (5, 10, 15) за відносною ширини проміжку  $b_e/b_k = 1,0$  (1 – 5);  $0,26$  (6 – 10);  $0,11$  (11 – 15);  $16 - C_F = 64/Re$

На рис. 1 нанесено криву, яка відповідає формулі

$$C_F = \frac{64}{Re}, \quad (6)$$

яка відповідає течії води у найвужчому ( $b_e/b_k = 0,11$ ) проміжку між циліндрами. Це можна пояснити тим, що за такого співвідношення  $b_e/b_k$  течія у проміжку фактично нагадує течію в трубі за ламінарного режиму.

Як бачимо з рис. 2, течія між циліндрами розчинів КМЦ концентраціями 0,5 та 1,0 % фактично не відрізняється за різних значень співвідношення  $b_e/b_k$ . Це підтверджує думку, що оптимальною концентрацією КМЦ під час введення у водні розчини ПАР є 0,5 %.

За збільшення концентрації КМЦ від 0 (що відповідає течії води) до 4 % спостерігається збільшення коефіцієнта тертя за однакових чисел Рейнольдса. Це означає, що ексцентричне розташування ротора сприяє інтенсивнішому перемішуванню сухої речовини КМЦ, тобто її переходу у розчин під час його приготування.

Збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя відповідає зменшенню числа Рейнольдса у дослідженому діапазоні (рис. 2). Подібне спостерігалось за малих проміжків між коаксіальними циліндрами [8] та в шнековому насосі, що складався з гладкого зовнішнього циліндра і концентрично розташованого шнека [9]. Тому під час побудови графіка залежності  $DC_F / C_F = f(C)$  бралися найменші значення чисел  $Re$  для кожного ексцентричного розташування циліндрів (рис. 3). Відносну зміну коефіцієнта опору визначали за формулою

$$\frac{\Delta C_F}{C_F} = \left[ 1 - \frac{(C_F)_{\text{КМЦ}}}{(C_F)_B} \right] \cdot 100 \% , \quad (7)$$

де  $\frac{(C_F)_{\text{КМЦ}}}{(C_F)_B}$  – симплекс, який характеризує ефективність водних розчинів КМЦ певної концентрації; індекси відповідають течії водних розчинів КМЦ та води.

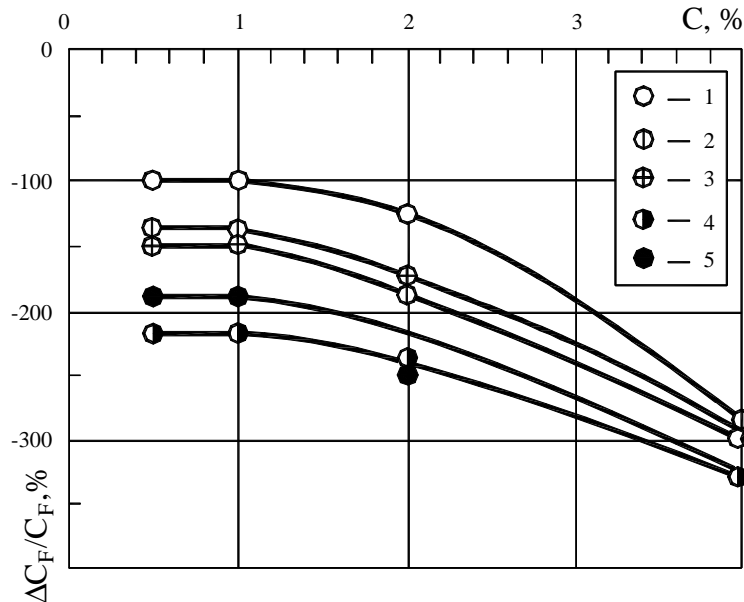


Рис. 3. Залежність  $DC_F / C_F = f(C)$  за ексцентриситетів  $e$ , мм: 0 (1); 4 (2); 8 (3); 10 (4); 12 (5) для розчинів Na-КМЦ за різних значень числа Рейнольдса  $Re$ : 64454 (1); 38255 (2); 19453 (3); 15109 (4); 6209 (5) для  $d/D = 0,8$  ( $D = 142$  мм)

Як бачимо з рис. 3, для будь-яких значень ексцентриситету  $e$  та чисел Рейнольдса  $Re$  для водних розчинів КМЦ найкраще перемішування спостерігається за концентрації 4 %.

Для глибшого розуміння процесів, які відбуваються під час течії водних розчинів КМЦ певних концентрацій, необхідно провести дослідження з візуалізації структури потоку у замкнутому проміжку між циліндрами та розробити математичну модель цієї течії.

**Висновки.** Показано, що ексцентричне розташування ротора сприяє інтенсивнішому перемішуванню сухої речовини КМЦ з водою. Це уможливило використовувати установку з ексцентричними циліндрами, з яких внутрішній обертається.

Одержано зменшення числа Рейнольдса за збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя та збільшення коефіцієнта тертя за збільшення концентрації карбоксиметилцелюлози за однакових чисел Рейнольдса.

Підтверджено, що оптимальною концентрацією КМЦ при введенні у водні розчини ПАР є 0,5 %. Але для будь-яких значень ексцентриситету та чисел Рейнольдса для водних розчинів КМЦ найкраще перемішування спостерігається серед досліджених за концентрації 4 %.

1. Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. – М.: Стройиздат, 1977. – 80 с. 2. Гхассемзаде, Карми. Снижение сопротивления в потоке суспензий угольной пыли // Теор. основы инж. расчетов: Тр. Амер. об-ва инж.-мех. – 1982. – № 1. – С. 148. 3. Фабула. Использование снижения сопротивления при течении растворов полимеров в противопожарной технике // Теор. основы инж. расчетов: Тр. Амер. об-ва инж.-мех. – 1971. – Т.93, № 3. – С.109–111. 4. Піцишин Б.С., Орел В.І., Лаврівський З.В. Технологія збільшення пропускної здатності дощової мережі при опадах великої інтенсивності // Пожежна безпека. – 2006. – № 9. – С. 185–190. 5. Піцишин Б.С., Орел В.І. Застосування мішалки з циліндричним ротором для приготування полімерних розчинів з метою використання при гасінні пожеж // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2008. – № 627. – С. 172–178. 6. Чернюк В.В., Піцишин Б.С. Установка для дослідження структури потоку рідини між неспіввісними статором і ротором // Вісн. Держ. ун-ту "Львівська політехніка" "Теплоенергетичні системи та пристрої". – 1996. – № 304. – С.80–84. 7. Чернюк В.В., Піцишин Б.С. Течія води між неспіввісними ротором і статором // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довілля. Автоматизація". – 2001. – № 432. – С.3–5. 8. Кулик В.М. Об измерении трения при течении между коаксиальными цилиндрами // Турбулентные сдвиговые течения неньютоновских жидкостей: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Ин-т теплофизики Сиб. отд-ния АН СССР, 1981. – С. 90–95. 9. Куо, Коважний. Снижающие сопротивление полимеры в геликоидальном течении // Теор. основы инж. расчетов: Тр. Амер. об-ва инж.-мех. – 1981. – Т.103, № 4. – С.98–103; Обсуждение. – 1982. – Т.104, № 1. – С. 185–186.