

7. Для вогнезахисту деревини доцільніше використовувати один шар вогнестійкого гіпсокартону, оскільки більшість шарів є важкими і швидше відпадають при пожежі, або забезпечити надійне кріплення листів до дерев'яних елементів.

1. *Calculation the fire resistance of exposed wood members: Technical report 10/ American Forest & Paper Association.* – 2003. 2. *Wood-frame construction, fire resistance and sound transmission / Forintec Canada Corp. Societe d'habitation du Quebec. – Canada Mortgage and Housing Corporation, 2002.* 3. Шналь Т.М. *Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій: Навч. посібник.* – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2006. – 220 с. 4. *EN 1991-1-2(2002). Eurocode 1: Actions and Structures. Part 1–2. General Actions on Structures Exposed to Fire.*

УДК 66.06+532.529

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

ЗАСТОСУВАННЯ МІШАЛКИ З ЦИЛІНДРИЧНИМ РОТОРОМ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ РОЗЧИНІВ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

© Піцишин Б.С., Орел В.І., 2008

Досліджена можливість застосування мішалки з гладким циліндричним ротором під час приготування полімерних розчинів. Показано, що ексцентричне розташування ротора сприяє інтенсивнішому перемішуванню розчинів ПАА та КМЦ з водою та вимагає меншої кількості затраченої електроенергії, ніж його концентричне розташування.

Investigational possibility of application of mixer is with a smooth cylinder rotor at preparation of polymeric solutions. The excentric location of rotor is assists in more intensive interfusion of solutions of PAA and KMC with water and requires less of outlaying electric power, than its concentric location is shown.

Постановка проблеми. Під час гасіння пожеж додавання водних розчинів поліакриламід (ПАА) до води сприяє збільшенню далекобійності струменя [1]. Окрім води, для гасіння пожеж використовують також і піни, які утворюють поверхнево-активні речовини (ПАР). Але стійкість пін не повністю відповідає вимогам пожежної безпеки.

Необхідною умовою роботи додатків ПАА є переведення їх з початкового сухого чи гелеподібного стану у розчин. Для приготування полімерних розчинів застосовують лопатеві мішалки з малою кількістю обертів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стійкість пін можна підвищити, уводячи 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.

Так, гліцерин, метилцелюлоза, натрійкарбоксиметилцелюлоза (Na-КМЦ) належать до групи додатків загущуючої дії, тобто вони підвищують в'язкість розчину піноутворювача, завдяки чому зменшується швидкість зневоднення піни [2].

Різні добавки не однаково змінюють в'язкість розчинів ПАР із збільшенням їхнього вмісту у розчині. Для ПАА, поліакрилату натрію, метилцелюлози, поліоксietилену, Na-КМЦ спостерігається значне зростання в'язкості, очевидно, внаслідок утворення структури, що підвищує стійкість піни. Характер зміни часу гасіння розчинами з добавками вказує, що найбільший ефект досягається за збільшення в'язкості усього лише до $(2...3) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Подальше збільшення в'язкості практично не впливає на ефективність гасіння. Додаючи до води незначну кількість загущуючих добавок, можна підвищити ефективність гасіння понад 1,8 раза. Na-КМЦ під час введення у водні розчини ПАР у кількості 1 % збільшують в'язкість композицій у десятки разів. При введенні Na-КМЦ у кількості 0,5 % спостерігається збільшення стійкості піни лише для аніон-активних речовин. Крім того, при введенні Na-КМЦ, ПАА та інших речовин змінюється поверхневий натяг.

Експериментальними дослідженнями течії в трубі суспензій вугільного пилу у рідкому паливі з додаванням КМЦ одержано зменшення опору на 10 % [3]. Такого ефекту слід очікувати і під час гасіння пожеж пінами, що сприятиме збільшенню далекобійності струменя [1].

При проходженні розчинів ПАА та поліоксietилену через інтенсивні зсувні течії, зумовлені великою динамічною швидкістю [4], відбувається деструкція розчину, що проявляється в його механічному руйнуванні. Це, як правило, трапляється за течії вздовж шорстких поверхонь [5], через місцеві гідравлічні опори, насоси тощо [5–7]. Руйнування макромолекул зменшує молекулярну масу полімеру, змінює його будову [8]. Тому деструкція призводить до стрімкого зниження чи повного припинення впливу добавок полімерів на гідравлічний опір [5]. Ступінь деструкції розчинів полімерів та її вплив на гідравлічний опір зменшується зі збільшенням концентрації і зростає зі збільшенням температури [4].

Для приготування полімерних розчинів запропоновано мішалку з гладким циліндричним ротором, ексцентрично розташованим стосовно осі [9].

Мета роботи – дослідити можливості застосування пропонованої мішалки під час приготування полімерних розчинів. Для цього необхідно дослідити діапазон кількості обертів та ексцентриситету розташування циліндричного ротора для запобігання деструкції цих розчинів.

Експериментальні дослідження. Нами використовувалася установка з ексцентричними циліндрами, з яких внутрішній обертався [9] з кутовою швидкістю 21...272 об./хв. Висота зовнішнього циліндра – 15,3 см, його діаметр – $D = 14,2$ см; внутрішні циліндри змінні діаметрами $d = 11,3; 7,3; 5,2; 4,2; 2,6$ см. Об'єм установки змінювався у межах 888,6...2341,8 см³. Відносна ширина проміжків між циліндрами b_e/b_k змінювалась у межах від 1,0 до 0,11. Індокси "e" та "k" відповідають ексцентричному та концентричному розташуванню циліндрів, а b_e – ширина проміжку у найвужчому його місці. Опис установки та методика проведення досліджень наведено в [10].

Досліджувалися водні розчини ПАА масовими концентраціями 0,01 та 0,5 % та водні розчини КМЦ масовими концентраціями 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 %. Для стабілізації розчинів КМЦ додавали NaHCO_3 в кількості 0,2 % від маси розчину. Концентрація визначалась за вмістом у розчині безводної речовини полімерів. Використовували 8 %-й технічний гель ПАА (ТУ 6-01-1049-92, виробництво ВАТ "Оріана", м. Калуш, Івано-Франківська обл.) з молекулярною масою $1,8 \cdot 10^6$ та клей КМЦ (ТУ.У.24.6.–251011682007–2002).

Будувалися графіки залежностей $\tau = f(\text{Ta})$ та $C_f = f(\text{Re})$ за течії водних полімерних розчинів у проміжку між циліндрами для змінних b_e/b_k , а також $\Delta\tau/\tau = f(b_e/b_k)$ та $\Delta C_f/C_f = f(C)$.

Середні дотичні напруження τ на стінці ротора обчислювали за формулою

$$\tau = \frac{T}{2\pi \cdot r \cdot H}, \quad (1)$$

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

$$T = \frac{M}{r}, \quad (2)$$

де M – гальмівний момент, що діє на внутрішній циліндр;

$$M = \frac{N \cdot 60}{2\pi \cdot n}, \quad (3)$$

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

Критерій Тейлора характеризує режим течії рідини:

$$Ta = \frac{V \cdot b_{\kappa}}{\nu} \cdot \sqrt{\frac{b_{\kappa}}{r}}, \quad (4)$$

де V – лінійна швидкість обертання ротора; ν – кінематична в'язкість розчину; b_{κ} – ширина конфузотно-дифузортного проміжку за коаксіального розташування ротора статора.

Коефіцієнт тертя C_f у проміжку між ротором та статором обчислювали за формулою

$$C_f = \frac{2\tau}{\rho \cdot V^2}, \quad (5)$$

де ρ – питома маса розчину.

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

$$Re = \frac{V \cdot b_e}{\nu}. \quad (6)$$

Відносна зміна середнього дотичного напруження τ на поверхні ротора:

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = 1 - \frac{\tau_e}{\tau_{\kappa}}. \quad (7)$$

Відносна зміна коефіцієнта опору:

$$\frac{\Delta C_f}{C_f} = 1 - \frac{(C_f)_S}{(C_f)_W}, \quad (8)$$

де $\frac{(C_f)_S}{(C_f)_W}$ – симплекс, який характеризує гідродинамічну ефективність водних розчинів полімерів певної концентрації C ; індекси S та W відповідають течії водних розчинів полімерів та води.

Вплив водних розчинів ПАА на течію між циліндрами показано на рис. 1 – 3.

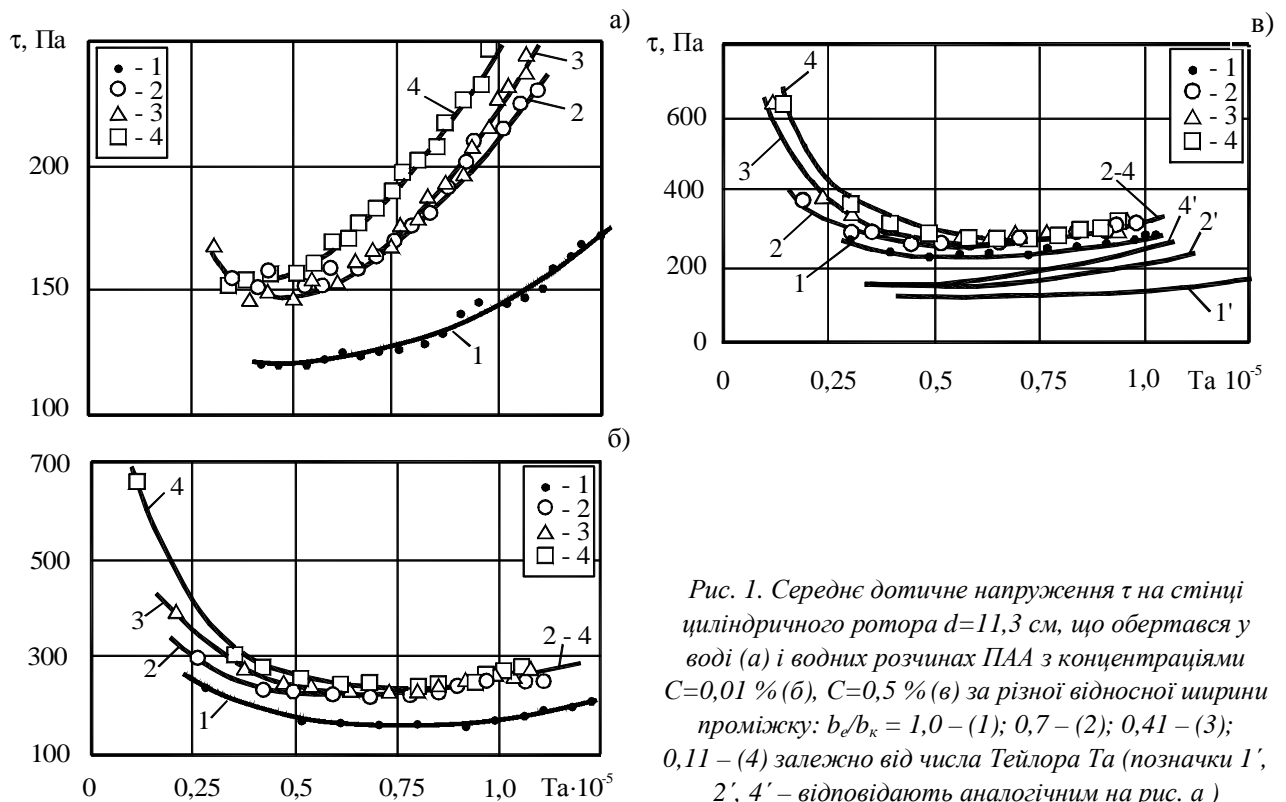


Рис. 1. Середнє дотичне напруження τ на стінці циліндричного ротора $d=11,3$ см, що обертався у воді (а) і водних розчинах ПАА з концентраціями $C=0,01\%$ (б), $C=0,5\%$ (в) за різної відносної ширини проміжку: $b_e/b_{\kappa} = 1,0 - (1)$; $0,7 - (2)$; $0,41 - (3)$; $0,11 - (4)$ залежно від числа Тейлора Ta (позначки 1', 2', 4' – відповідають аналогічним на рис. а)

За співвідношення $d/D = 0,8$ (за $d = 11,3$ см) ефект впливу додатків ПАА є одним з найбільших. Отриманий ефект у найвужчому місці замкненого конфузотно-дифузотного проміжку можна зіставити з ефектом впливу водних розчинів ПАА на гідравлічний опір раптових звужень і розширень труб [11].

За зменшення відносної ширини проміжку b_e/b_k від 1,0 до 0,11 та збільшення числа Тейлора Ta середні дотичні напруження τ на стінці ротора зростають як у випадку течії води, так і водних розчинів ПАА. Це зростання проявляється у першому випадку за більших чисел Тейлора, в другому – за менших [12].

Додатки ПАА ще мають вплив на гідравлічний опір конфузотно-дифузотного проміжку до числа $Ta = 0,5 \cdot 10^5$ (рис. 1), що відповідає швидкості обертання ротора не більше ніж на 110 об/хв. Значення дотичного напруження τ для розчинів ПАА концентраціями 0,01 та 0,5 % за чисел Тейлора $Ta \geq 0,6 \cdot 10^6$ практично збігаються з відповідними значеннями для води за однакових співвідношень b_e/b_k (рис. 1, в). Тому на рис. 2 залежність $C_f = f(Re)$ показана тільки для концентрації 0,5 % та води. Як бачимо з рис. 2, збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя C_f відповідає зменшенню числа Рейнольдса Re у дослідженому діапазоні. Подібне спостерігалось за малих проміжків між коаксіальними циліндрами [13] та в шнековому насосі, що складався з гладкого зовнішнього циліндра і концентрично розташованого шнека [14]. Це означає, що ексцентричне розташування ротора та статора під час приготування розчинів ПАА вимагає найменших затрат електроенергії.

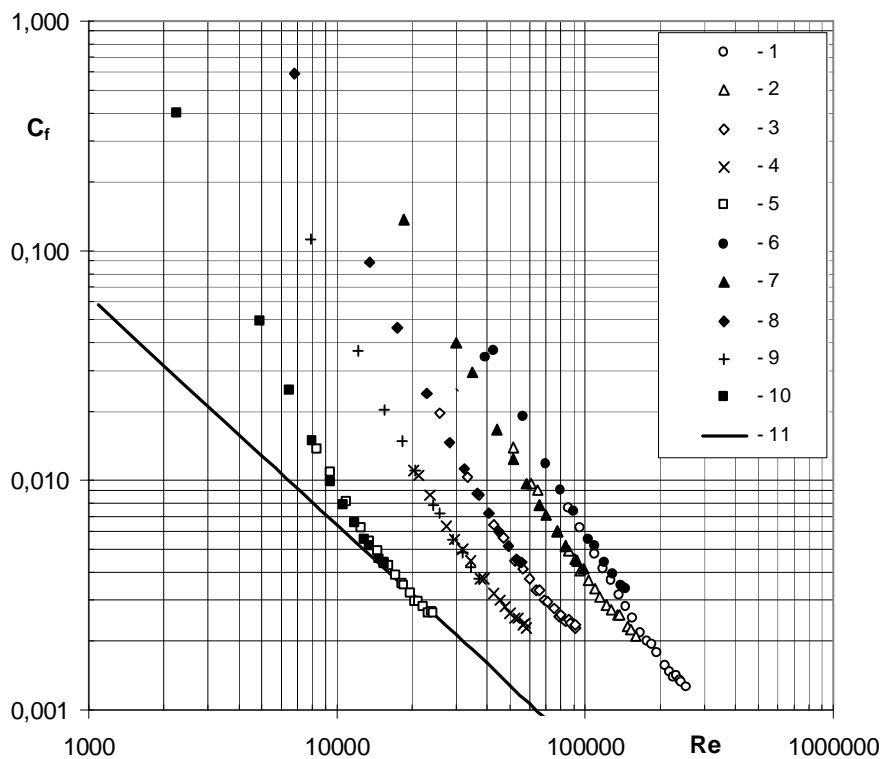


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тертя C_f у проміжку між ротором ($d=11,3$ см) та статором від числа Рейнольдса Re для води (1–5) та водних розчинів ПАА масовою концентрацією 0,5 % (6–10) за відносної ширини проміжку $b_e/b_k = 1,0$ (1, 6); 0,7 (2, 7); 0,41 (3, 8); 0,26 (4, 9); 0,11 (5, 10); 11 – $C_f = 64/Re$

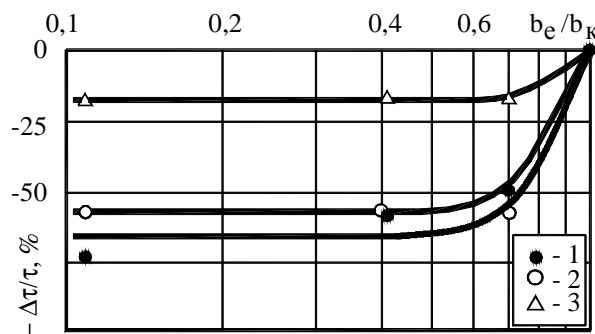


Рис. 3. Залежність $\Delta\tau/\tau = f(b_e/b_k)$ для $d/D = 0,8$ за чисел $Ta = 500000$ – (1); 750000 – (2); 1000000 – (3)

Як бачимо з рис. 1, б, в, відбувається деструкція додатків ПАА. Вона проявляється за менших чисел Тейлора у разі концентрації додатків $C = 0,01\%$, оскільки ця концентрація має більший вплив на гідравлічний опір конфузотно-дифузотного проміжку так само, як і для труби діаметром 5,81 мм [11]. Це підтверджується тим, що відстань між кривими відносної ширини проміжку для концентрації $0,01\%$ у разі коаксіального й аксіального розташування ротора та статора є приблизно вдвічі більшою, ніж для $C = 0,5\%$. Проте додатки ПАА не впливають на гідравлічний опір проміжку між циліндрами за кожного конкретного співвідношення b_e/b_k (рис. 2).

За збільшення числа Тейлора зростає кількість проходжень розчину ПАА певної концентрації через конфузотно-дифузотний проміжок, що можна порівняти з багаторазовою циркуляцією розчину через насос. При цьому ефективність розчину зі збільшенням кількості циклів значно зменшується [5, 7]. До того ж вплив деструкції найбільш істотний на початковому етапі перепомповувань (у нашому випадку за малих чисел Тейлора). За подальшого збільшення кількості циклів (у нашому випадку за зростання числа Тейлора) процес стабілізується (рис. 2, б, в), що наочніше зрозуміло з рис. 3, коли за відносної ширини проміжку $b_e/b_k \leq 0,5$ спостерігається відсутність деструкції розчину ПАА.

На рис. 2 показано криву, яка відповідає формулі $C_f = 64/Re$, що 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.

Вплив водних розчинів КМЦ на течію між циліндрами показано на рис. 4 – 6.

Як бачимо з рис. 4 та 5, течія між циліндрами розчинів КМЦ концентраціями $0,5$ та $1,0\%$ майже не відрізняється за різних значень співвідношення b_e/b_k . Це підтверджує думку [2], що оптимальною концентрацією КМЦ під час введення у водні розчини ПАР є $0,5\%$.

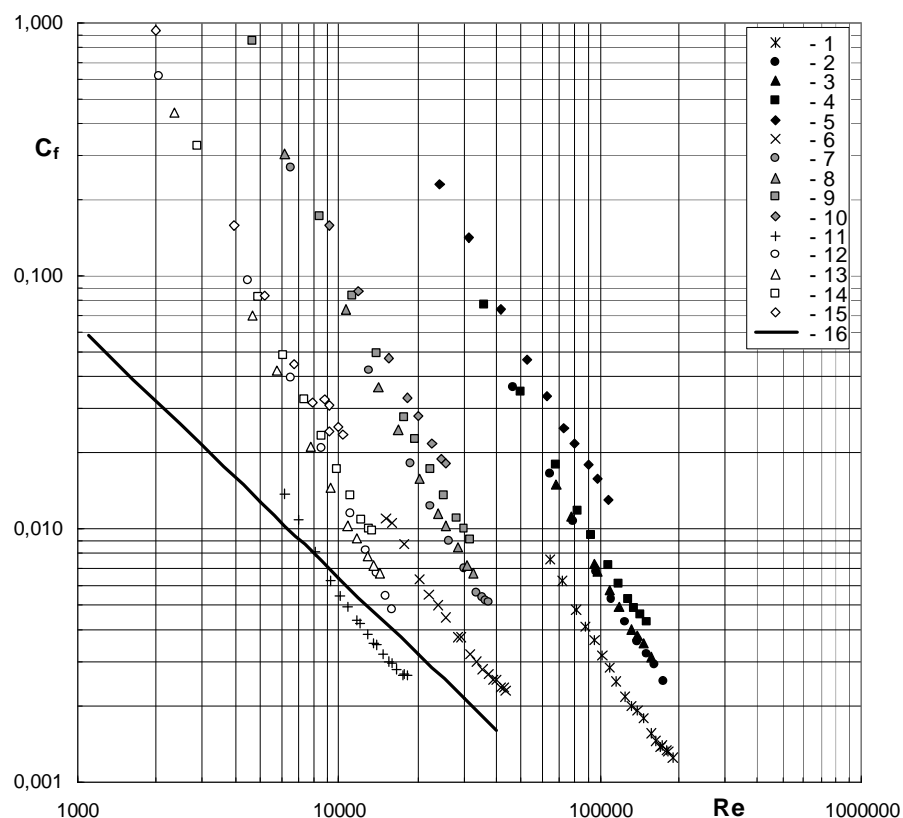


Рис. 4. Залежність коефіцієнта тертя C_f у проміжку між ротором та статором від числа Рейнольдса Re для води (1, 6, 11) та водних розчинів КМЦ масовими концентраціями $C = 0,5\%$ (2, 7, 12); $1,0\%$ (3, 8, 13); $2,0\%$ (4, 9, 14); $4,0\%$ (5, 10, 15) за відносної ширини проміжку $b_e/b_k = 1,0$ (1–5);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

За збільшення концентрації КМЦ від 0 (що відповідає течії води) до 4% спостерігається збільшення коефіцієнта тертя C_f за однакових чисел Рейнольдса Re . Це означає, що ексцентричне

розташування ротора сприяє інтенсивнішому перемішуванню сухої речовини КМЦ, тобто її переходу у розчин під час його приготування. При цьому цей процес вимагає найменших затрат електроенергії, як і у випадку приготування водних розчинів ПАА з гелю (рис. 2).

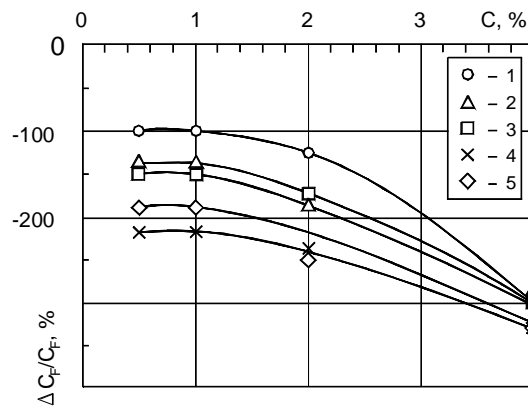


Рис. 5. Залежність $\Delta C_f/C_f = f(C)$ за відносної ширини проміжку b_e/b_k : 1,0 (1); 0,7 (2); 0,41 (3); 0,26 (4); 0,11 (5) для розчинів КМЦ за числа Рейнольдса $Re = 64454$ (1); 38255 (2); 19453 (3); 15109 (4); 6209 (5) для циліндра діаметром $d = 11,3$ см

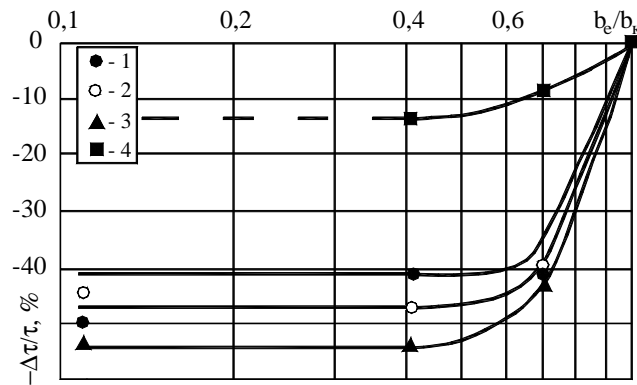


Рис. 6. Залежність $\Delta\tau/\tau = f(b_e/b_k)$ для водних розчинів КМЦ масовими концентраціями $C = 0,5$ % (1); 1,0 % (2); 2,0 % (3); 4,0 % (4) за $Ta = 50000$ ($d = 11,3$ см)

Збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя C_f відповідає зменшенню числа Рейнольдса Re у дослідженому діапазоні (рис. 4). Подібне спостерігалось і за течії водних розчинів ПАА у проміжку між ексцентрично розташованими циліндрами (рис. 2). Тому під час побудови графіка залежності $\Delta C_f/C_f = f(C)$ бралися найменші значення чисел Re для кожного ексцентричного розташування циліндрів (рис. 5). Як бачимо з рис. 4 та 5, добавки КМЦ здійснюють вплив на гідравлічний опір замкненого конфузотно-дифузотного проміжку.

Для будь-яких значень відносної ширини проміжку b_e/b_k та чисел Рейнольдса Re для водних розчинів КМЦ найкраще перемішування спостерігається за концентрації 4 % (рис. 5).

Як зрозуміло з рис. 6, за відносної ширини проміжку $b_e/b_k \leq 0,4$ спостерігається незалежність впливу розчинів КМЦ на гідравлічний опір конфузотно-дифузотного проміжку. Це відбувається приблизно за тих самих значень b_e/b_k , як і за течії водних розчинів ПАА (рис. 3).

Висновки. Одержано зменшення числа Рейнольдса за збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя та збільшення коефіцієнта тертя за збільшення концентрації розчинів ПАА та КМЦ за однакових чисел Рейнольдса.

Показано, що ексцентричне розташування ротора сприяє інтенсивнішому перемішуванню розчинів ПАА та КМЦ з водою та вимагає меншої кількості затраченої електроенергії, ніж їхнє концентричне розташування. Незалежність впливу водних розчинів ПАА та КМЦ на гідравлічний

опір замкненого конфузорно-дифузорного проміжку є за $b_e/b_k \leq 0,4 \dots 0,5$. Але за кожного конкретного співвідношення b_e/b_k добавки ПАА, на відміну від КМЦ, не впливають на гідравлічний опір цього проміжку.

Підтверджено, що оптимальна концентрація КМЦ під час введення у водні розчини ПАР становить 0,5 %. Але для будь-яких значень ексцентриситету та чисел Рейнольдса для водних розчинів КМЦ найкраще перемішування спостерігається за концентрації 4 % серед досліджених.

1. 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. 2. Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. – М.: Стройиздат, 1977. – 80 с. 3. Гхассемзаде Г., Карми С.. Снижение сопротивления в потоке суспензий угольной пыли // Теор. основы инж. расчетов: Тр. Амер. об-ва инж.-мех. – 1982. – № 1. – С.148. 4. Козлов Л.П. Гідродинамічний ефект Томса і його можливі технічні застосування // Вісн. АН УРСР. – 1987. – № 1. – С.23–33. 5. Филиппов Г.А., Салтанов Г.А., Кукушкин А.Н. Гидродинамика и теплообмен в присутствии поверхностно-активных веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 184 с. 6. Повх І.Л. Зменшення турбулентного тертя – основне джерело економії енергії // Вісн. АН УРСР. – 1982. – № 11. – С.66–74. 7. Левицкий Б.Ф., Чернюк В.В. Местные сопротивления при многократной перекачке слабоконцентрированных водных растворов полиакриламида // Вестн. Львов. политехн. ин-та “Теплоэнергетические системы и устройства”. – 1982. – № 160. – С.40–45. 8. Полиакриламид / Л.И. Абрамова, Т.А. Байбурдов, Э.П. Григорян и др.; Под ред. В.Ф. Куренкова. – М.: Химия, 1992. – 192 с. 9. Чернюк В.В., Піцишин Б.С. Установка для дослідження структури потоку рідини між неспіввісними статором і ротором // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетичні системи та пристрої”. – 1996. – № 304. – С.80–84. 10. Чернюк В.В., Піцишин Б.С. Течія води між неспіввісними ротором і статором // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія докільля. Автоматизація”. – 2001. – № 432. – С.3–5. 11. Чернюк В.В., Піцишин Б.С., Орел В.И., Жук В.М. Влияние добавок полиакриламида на потери напора во внезапных сужениях и расширениях труб // Инж.-физ. ж. – 2002. – Т.75, №4. – С.115–122. 12. Піцишин Б.С., Орел В.И., Лаврівський З.В. Технологія збільшення пропускної здатності дощової мережі при опадах великої інтенсивності // Пожежна безпека. – 2006. – № 9. – С.185–190. 13. Кулик В.М. Об измерении трения при течении между коаксиальными цилиндрами // Турбулентные сдвиговые течения неньютоновских жидкостей: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Ин-т теплофизики Сиб. отделение АН СССР. – 1981. – С.90–95. 14. Куо, Коважний. Снижающие сопротивление полимеры в гелиокоидальном 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. 15. Піцишин Б.С., Орел В.И., Желяк В.І. Бездеструктивне приготування водних розчинів поліакриламиду з метою використання при гасінні пожеж // Техногенна безпека. Теорія, практика, інновації: Зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф. – Л.: ЛДУ БЖД, 2008. – С.60–63.