

**KAPITEL 5 / CHAPTER 5⁵****INFLUENCE OF CYLINDRICAL ROTOR ECCENTRICITY RELATING TO STATOR ON HYDRAULIC LOSSES IN AQUEOUS METAUPON SOLUTIONS***ВПЛИВ ЕКСЦЕНТРИСІТЕТУ ТА ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МЕТАУПОНУ НА ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР ЦИЛІНДРИЧНОГО РОТОРА***DOI: 10.30890/2709-2313.2022-08-02-016****Вступ**

Відомий змішувач (рис.1) [1], який може бути застосований у змішувальній техніці для приготування емульсій тощо. Його перевагами є посилення інтенсивності перемішування в об'ємі рідини та плавне регулювання швидкостей циркуляцій потоків у їх широкому діапазоні .

5.1. Аналіз літературних джерел

Ефективність використання міцелотвірних поверхнево-активних речовин (ПАР) для зміни втрат тиску в трубах, де рух робочих рідин забезпечують насоси, та в замкнених гідравлічних системах пов'язано зі зворотною механічною деструкцією цих ПАР.

Перевагою дослідження течії міцелотвірних ПАР (МПАР) між циліндрами є їхня набагато менша геометрія порівняно з геометрією звичайних випробувальних установок, таких як аеродинамічні труби, водяні та масляні канали або в трубах [2]. Так, при течії водно-солевих розчинів метаупону в зазорі між співвісними (концентричними) циліндрами (рис.2,а) протягом тривалого часу підтримуються певні напруги тертя на стінці обертового циліндра [3].

Розчини метаупону проявляють гідродинамічну активність лише за наявності електроліту, який сприяє мицелотворенню в розчинах МПАР. Як електроліт у розчинах метаупону використовували хлористий натрій (кухонну сіль) NaCl, вміст якого складав 8% за вагою [4, с.96].

Гідродинамічна ефективність МПАР істотно залежить від їх концентрації та від будови вуглеводневого радикала молекули ПАР [4, с.97].

При $d/D = 0,80$ та $d/D = 0,52$ (табл.1) коефіцієнт тертя збільшується при зменшенні ширини проміжку. При $d/D = 0,80$ для всіх концентрацій метаупону

⁵ Authors: Orel V. I., Pitsyshyn B. S.h, Popadyuk I. Y.



зі збільшенням критерію Рейнольдса коефіцієнт тертя зменшувався. Зменшення його значень відбувалося також при співвісному розташуванні циліндрів (рис.1,а) [5].

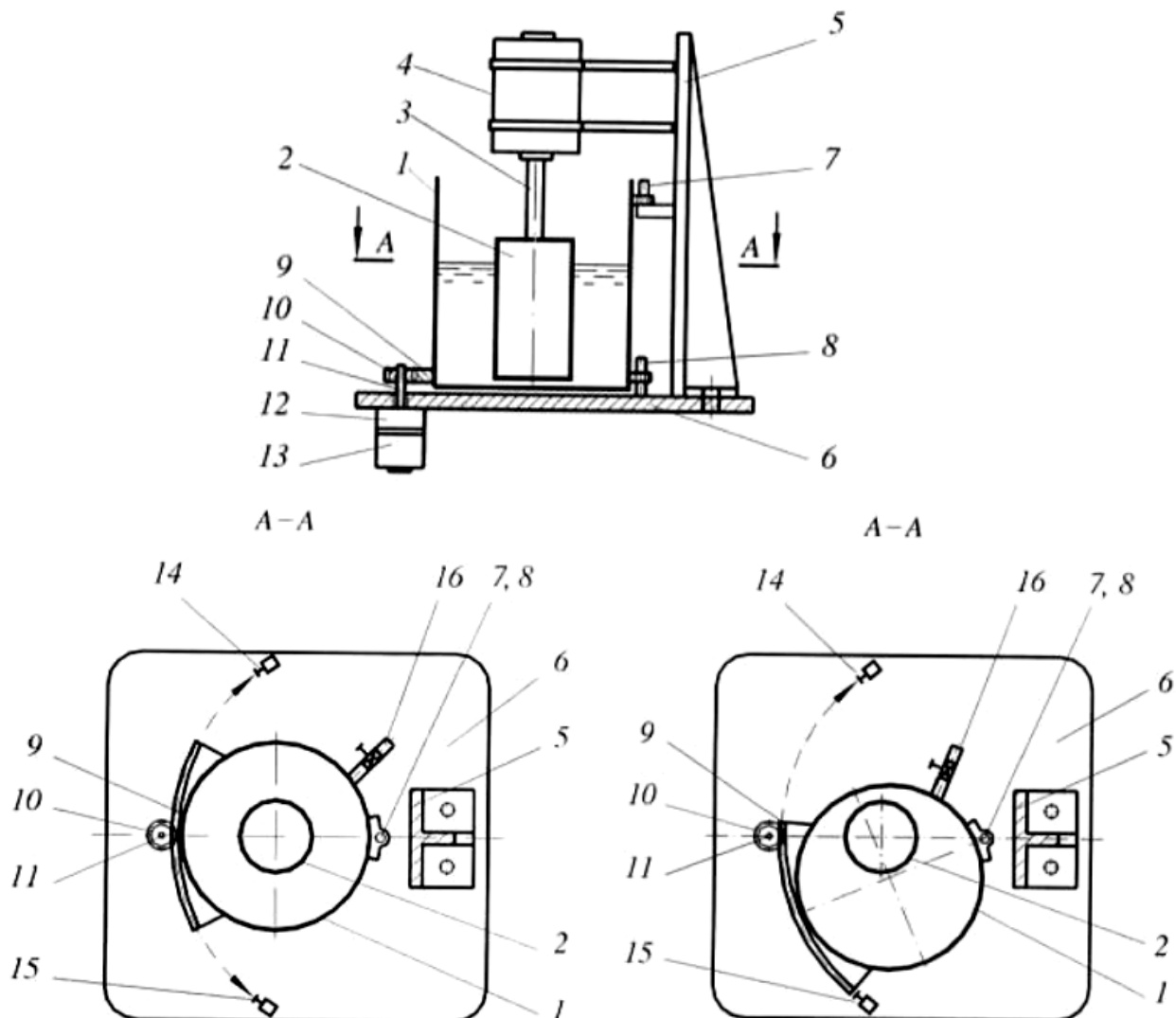


Рисунок 1. Схема змішувача при співвісному (зліва) та неспіввісному (справа) розташуванні внутрішнього циліндра та циліндричної ємності:

1 – циліндрична ємність-статор; 2 – внутрішній циліндр-ротор; 3 – вал привода; 4 – привод; 5 – стояк; 6 – плита 7, 8 – підвіс; 9 – частина сектора зубчатого колеса; 10 – шестірня; 11 – вал; 12 – редуктор; 13 – реверсивний привод; 14, 15 – кінцеві перемикачі полюсів обмоток; 16 – відповідний патрубок

Натомість при $d/D = 0,52$ для досліджених концентрацій метаупону (табл.1) модуль значення відносної зміни коефіцієнта тертя DR зростає до значень $b_e/b_k = 0,7$. З подальшим зменшенням b_e/b_k для концентрації $C = 0,3\%$ спостерігається збільшення DR до $b_e/b_k = 0,03$; для $C = 0,5\%$ – зменшення DR з мінімумом при $b_e/b_k = 0,4$, а далі збільшення [6].

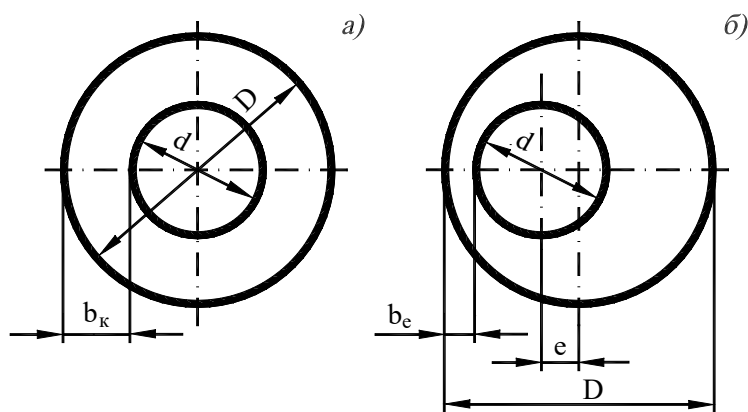


Рисунок 2. Ширина проміжку при співвісному (концентричному) b_k (а) та неспіввісному (ексцентричному) b_e (б) розташуванні ротора і статора

Таблиця 1. Дослідження впливу метаупону на гідравлічний опір ротора при його неспіввісному (ексцентричному) розташуванні зі статором

Ч/ч	Діаметри, мм		Співвідношення d/D	Концентрація метаупону, %	Джерело
	статора D	ротора d			
1.	142	112,9	0,80	0,3; 0,5	[5]
2.		73,5	0,52		[6]

5.2. Експериментальні дослідження

5.2.1. Експериментальний стенд

Детальний опис експериментального стенду наведено в [7]. Статор встановлено відносно ротора з можливістю радіального зворотно-поступального руху (рис.1). Поверхні ротора та статора є гладкими. Вихідний кільцевий проміжок між ротором та статором шириною b_k змінювався у замкнений конфузорно-дифузорний проміжок шириною b_e при утворенні ексцентриситету e за рахунок зміни положення статора.

У даному дослідженні діаметри статора та ротора відповідно становили $D = 142$ мм та $d = 52$ мм (табл.2). Висота ротора $H = 153$ мм.

5.2.2. Вибір робочої рідини

Досліджували течії води та водних розчинів метаупону масовими концентраціями 0,1 % та 0,5 %. У розчини метаупону додавали для загущення 7 % NaCl від маси розчину та для стабілізації 0,2 % гідрокарбонату натрію NaHCO_3 від маси розчину. Стабілізація потрібна для запобігання втрати гідродинамічної активності.



Таблиця 2 Досліджені значення відносної ширини проміжку між ротором та статором

Діаметри, мм		d/D	Ексцентриситет e, мм	Відносна ширини проміжку	
статора D	ротора d			b _e /b _к	b _e /r
142	52	0,37	0	1,00	45
			10	0,78	35
			20	0,56	25
			30	0,33	15
			40	0,11	5
			45	0	0

5.2.3. Розрахункові формули

Коефіцієнт тертя у проміжку між ротором та статором:

$$C_f = \frac{G}{Re^2}, \quad (1)$$

де G – безрозмірний крутний момент на внутрішньому циліндрі в проміжку між ротором та статором:

$$G = \frac{T}{\rho \cdot v^2 \cdot H}, \quad (2)$$

де ρ – питома маса води; v – кінематична в'язкість води; T – сумарна сила тертя, прикладена до бічної поверхні ротора:

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

де r – радіус ротора, $r = \frac{1}{2} \cdot d$; M – гальмівний момент, що діє на ротор:

$$M = \frac{N \cdot 60}{\Omega}, \quad (4)$$

де N – споживана потужність двигуна:

$$N = I \cdot U, \quad (5)$$

де I – сила струму; U – напруга; Ω – кутова швидкість обертання ротора:

$$\Omega = 2\pi \cdot n, \quad (6)$$

де n – кількість обертів ротора.

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\Omega_i \cdot r_i \cdot (r_o - r_i)}{\nu}, \quad (7)$$

де r_o – радіус статора, $r_o = \frac{1}{2} \cdot D$.



Критерій Тейлора:

$$Ta = \frac{V \cdot b}{\nu} \cdot \sqrt{\frac{b}{r}}, \quad (8)$$

де V – лінійна швидкість обертання ротора; b – ширина конфузорно-дифузорного проміжку між ротором і статором:

$$b = (r_o - r) - e, \quad (9)$$

де e – ексцентриситет (рис.2, б).

5.2.4. Обговорення отриманих результатів

Досліди проводили при ексцентриситетах, наведених у табл. 2.

Для коефіцієнта тертя при течії води у проміжку між ротором і статором (рис.3) при великих значеннях критерію Рейнольдса експериментальні точки асимптотично наближаються до значень згідно з формулою для гідравлічно гладкого ротора [8]:

$$\frac{1}{\sqrt{C_f}} = 1,10 \log_{10}(Re_i \sqrt{C_f}) + 0,81. \quad (10)$$

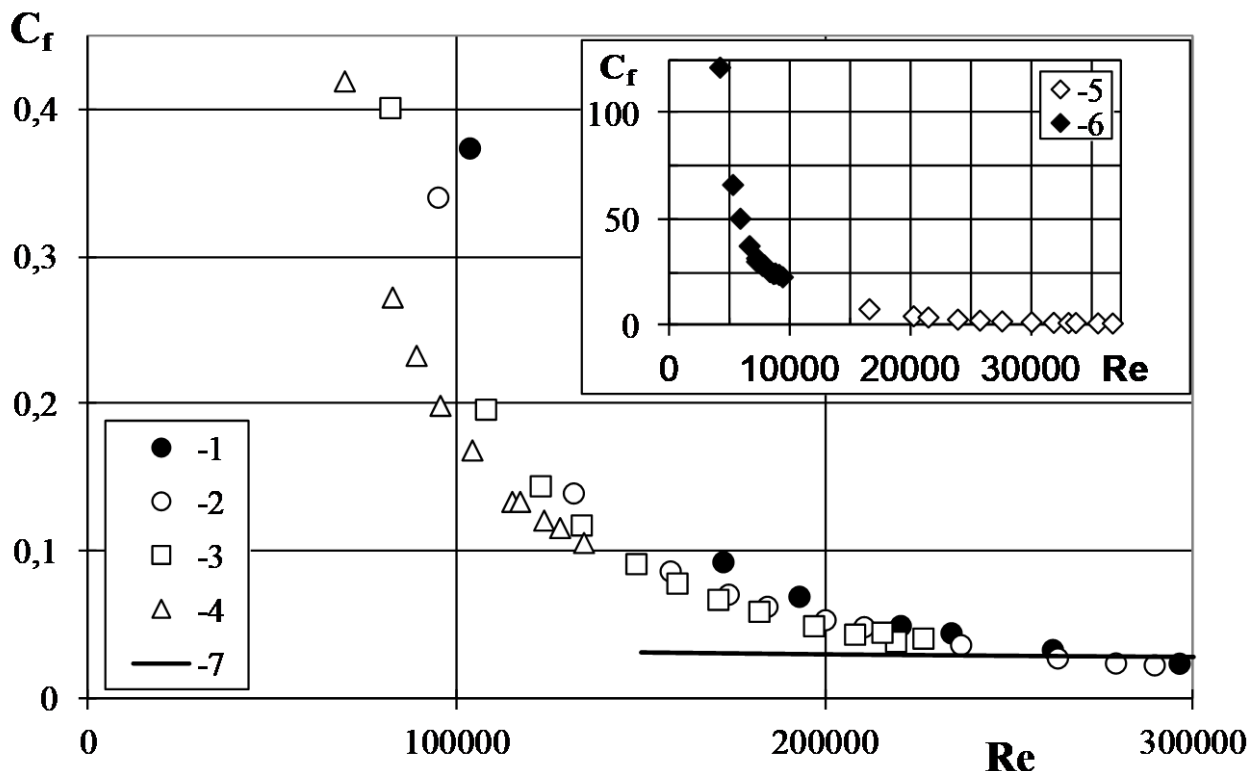


Рисунок 3. Залежність коефіцієнта тертя від критерію Рейнольдса на стінці ротора для води при ексцентриситеті e , мм: 0 (1); 10 (2); 20 (3); 30 (4); 40 (5); 45 (6); формула (10) – (7)

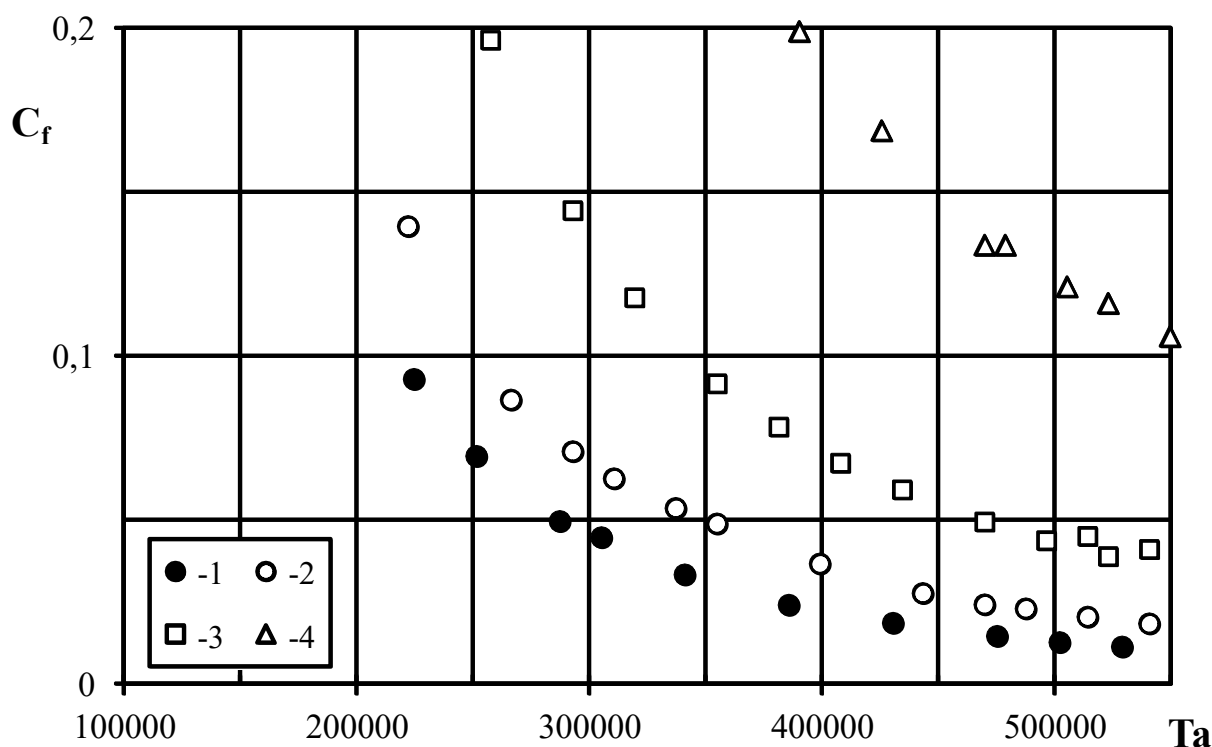


Рисунок 4. Залежність коефіцієнта тертя від критерію Тейлора на стінці ротора для води при ексцентриситеті e , мм: 0 (1); 10 (2); 20 (3); 30 (4)

При цьому коефіцієнт C_f зменшується зі збільшенням як критерію Re , так й ексцентриситету. Аналогічну ситуацію спостерігали й для розчинів метаупону.

Це підтверджує попередні дослідження з більшими діаметрами ротора, коли зменшення ширини проміжку між ротором і статором призводило до збільшення коефіцієнта тертя.

При течії води та розчинів метаупону в проміжку між ротором і статором (рис.4 – рис.6) коефіцієнт тертя зменшується зі збільшенням критерію Рейнольдса та зростає зі збільшенням ексцентриситету. Це збігається з попередніми дослідженнями з більшими діаметрами ротора.

Відносна зміна коефіцієнта тертя $(C_f)_s/(C_f)_w$ (де індекси «w» та «s» відповідають течії води та водних розчинів метаупону) при значенні критерію Тейлора $Ta = 500000$ від відносної ширини проміжку b_e/b_k (рис.7) та b_e/r (рис.8) підтверджує залежність гідродинамічної ефективності МПАР від концентрації. При концентрації метаупону 0,1% за значень ексцентриситету $e < 20$ мм коефіцієнт тертя порівняно з водою зменшується, за $e \geq 20$ мм – збільшується. При концентрації метаупону 0,5% за всіх значень ексцентриситету спостерігається зменшення коефіцієнта тертя. Останнє підтверджує попередні дослідження з ротором діаметром $d = 73,5$ мм.



Висновки

1. Підтверджено залежність гідродинамічної ефективності метаупону від концентрації.

2. Підтверджено зменшення коефіцієнта тертя зі збільшенням критерію Рейнольдса для всіх досліджених ексцентриситетах та зі збільшенням ексцентриситету при фіксованих значеннях критерію Рейнольдса як для води, так і для розчинів метаупону.

3. Підтверджено зменшення відносної зміни коефіцієнта тертя для концентрації водного розчину метаупону 0,5 % порівняно з водою. Для концентрації метаупону 0,1% при малих ексцентриситетах коефіцієнта тертя зменшувався, при великих – збільшувався.

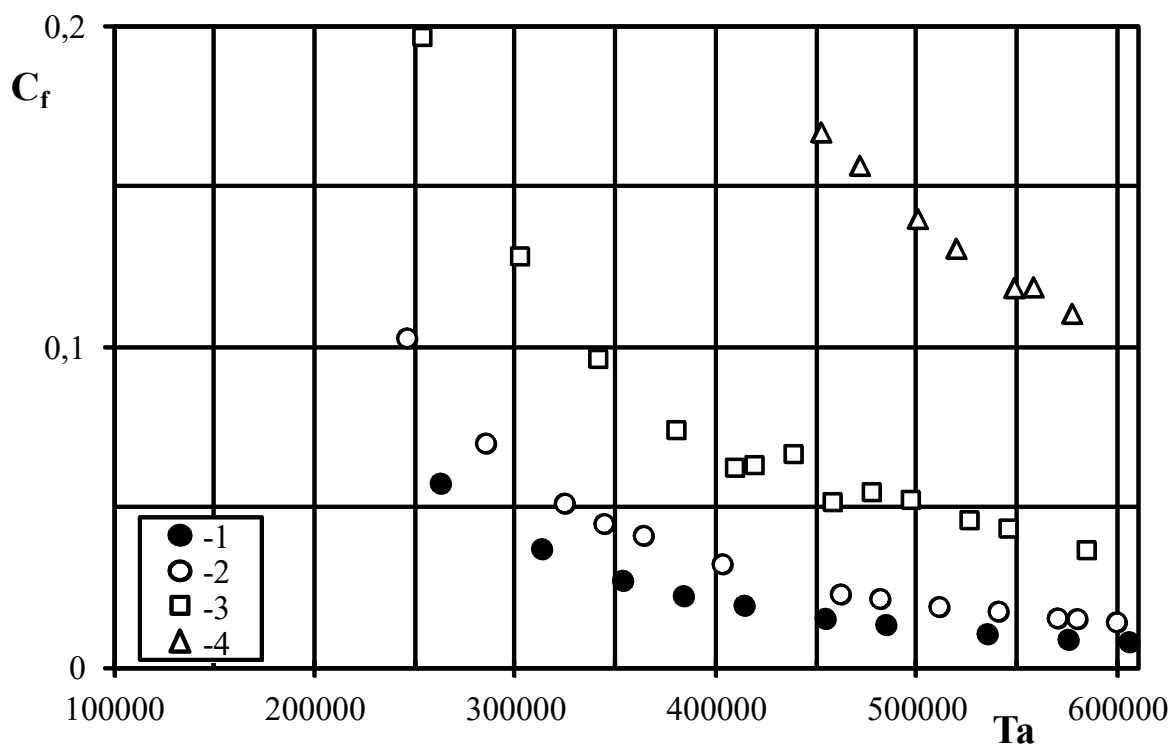


Рисунок 5. Залежність коефіцієнта тертя від критерію Тейлора на стінці ротора для метаупону концентрацією 0,1% при ексцентриситеті e , мм: 0 (1); 10 (2); 20 (3); 30 (4)

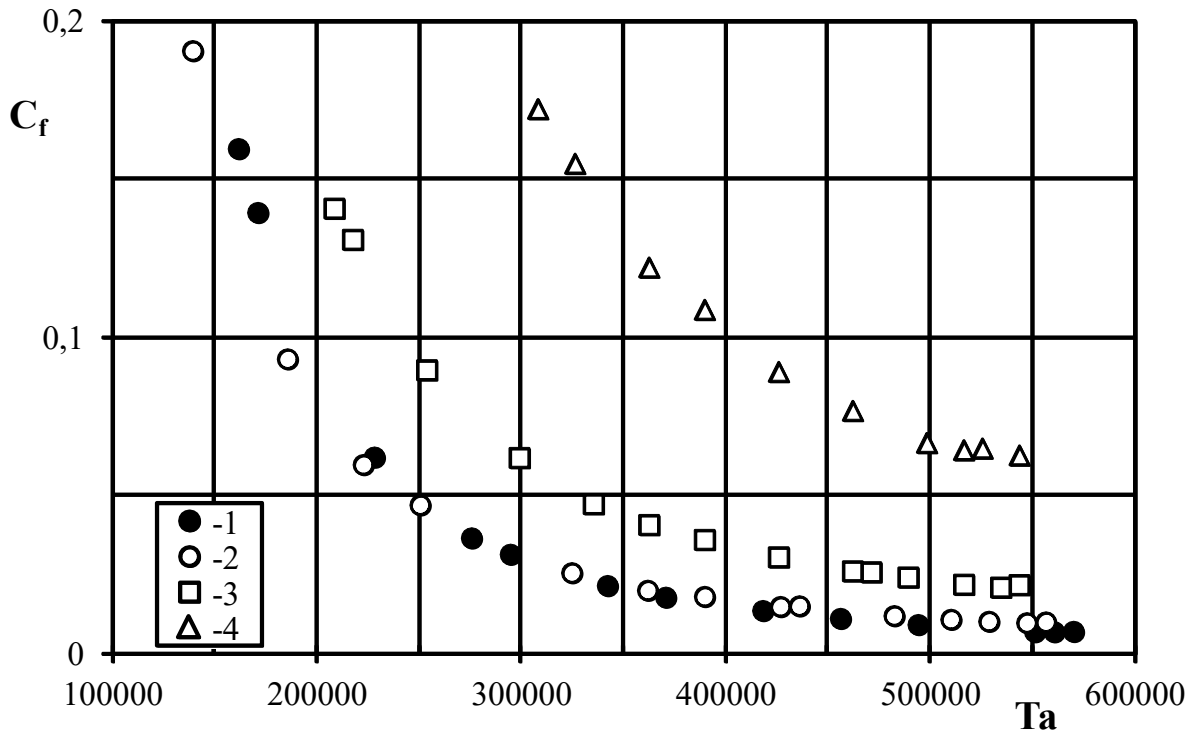


Рисунок 6. Залежність коефіцієнта тертя від критерію Тейлора на стінці ротора для метаупону концентрацією 0,5% при ексцентриситеті e , мм: 0 (1); 10 (2); 20 (3); 30 (4)

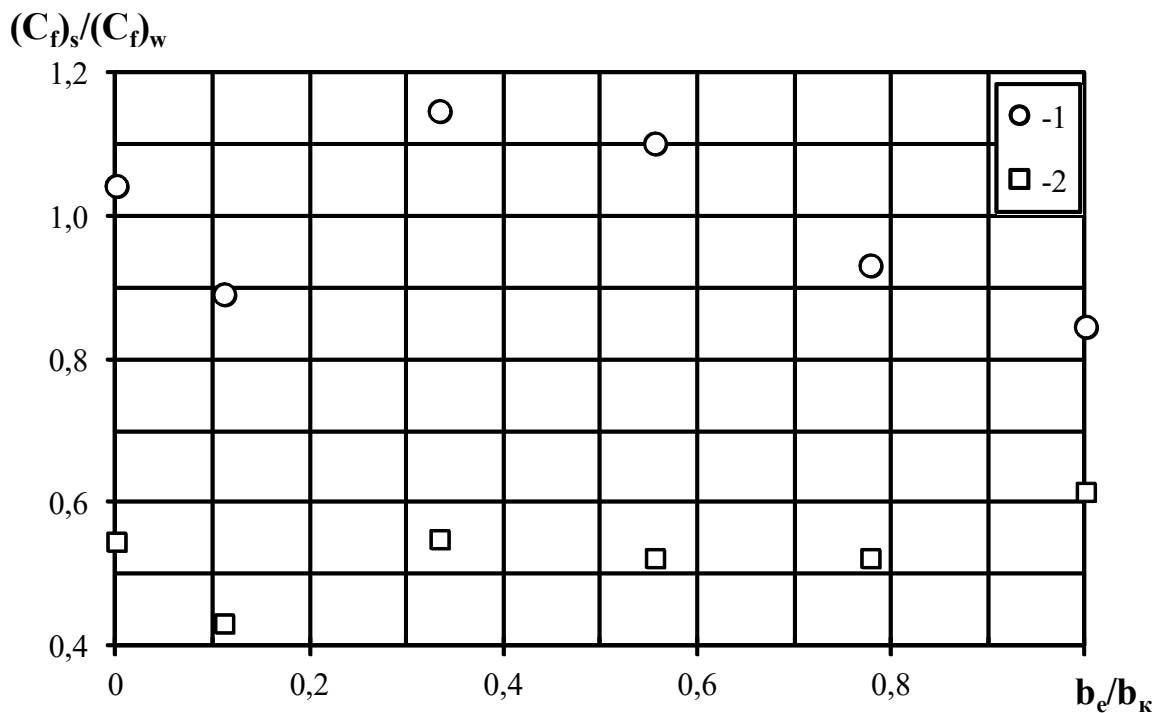


Рисунок 7. Залежність відносної зміни коефіцієнта тертя від значень відносної ширини проміжку b_e/b_k для водних розчинів метаупону концентраціями 0,1% (1) та 0,5% (2) при $Ta = 500000$

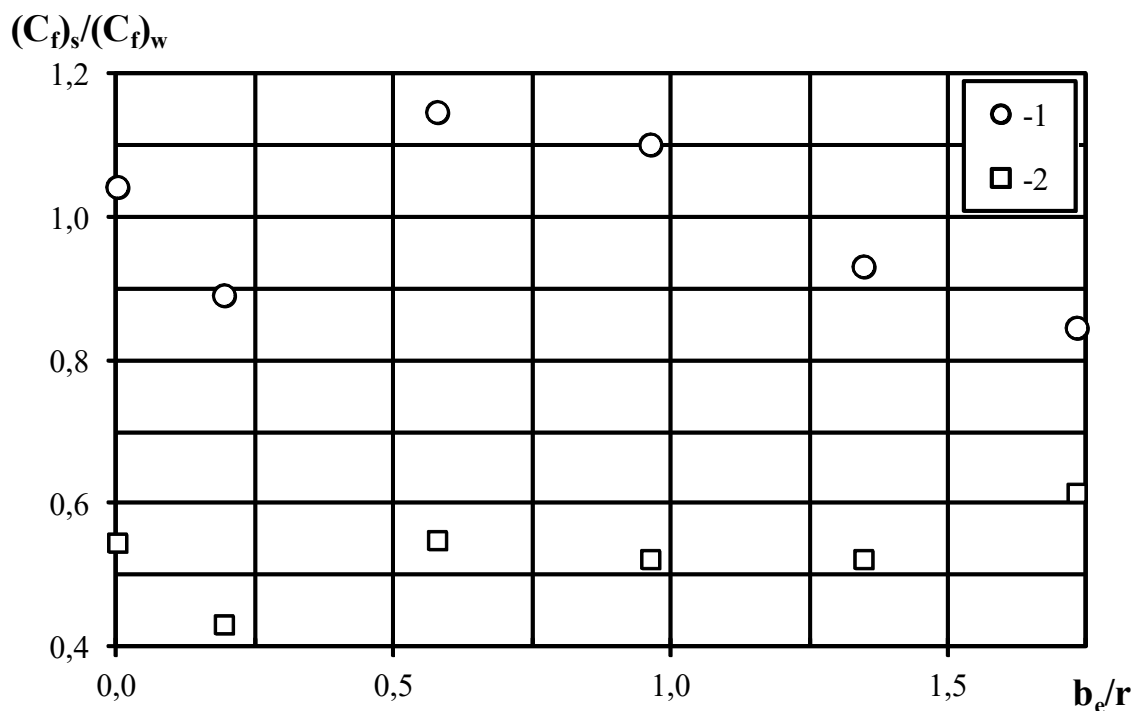


Рисунок 8. Залежність відносної зміни коефіцієнта тертя від значень відносної ширини проміжку b_e/r для водних розчинів метаупону концентраціями 0,1% (1) та 0,5% (2) при $T_a = 500000$