

УДК66.086.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСЕПАРАТОРІВ

Назаренко І.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)43-54-32

Анотація – на підставі співставлення результатів математичного моделювання електричного поля багатоелектродних систем з експериментальними даними отримані графічні залежності, що дозволяють розрахувати теплові втрати в системах циліндричних багатофазних електродів електросепараторів.

Ключові слова – електрод, електричне поле, електропровідність, електросепаратор

Постановка проблеми. В технологіях очищення та сепарації рідин можуть використовуватись пристрої, в принцип роботи яких покладена взаємодія електричного поля з частинками домішок, що підлягають видаленню. Найбільш ефективно такі пристрої працюють в рідинах з малою електропровідністю: рослинні олії, рідини для змащування та охолодження, інші нафтопродукти та вуглеводневі рідини[1]. В таких рідинах можливо створювати електричне поле значної напруженості, що є умовою високоякісного очищення або сепарації. Але при великій напруженості електричного поля в слабопровідній рідині виникають теплові втрати відповідно закону Джоуля - Ленца. Для врахування цих втрат потрібно визначити розподіл напруженості електричного поля в електродній області.

В складних багатоелектродних системах, які використовуються в електросепараторах, розрахунок електричного поля має певні труднощі, особливо у разі циліндричних багатофазних систем електродів.

Аналіз останніх досліджень. Для розрахунку електричного поля існує багато методів, кожний з яких підходить до певного класу задач електростатики [2]. В роботі [3] були порівняні результати моделювання електричного багаторядних систем циліндричних та пластинчастих електродів методом комплексного потенціалу та чисельним методом кінцевих елементів. Було показано, що поле циліндричної системи електродів може бути описане методом комплексного потенціалу для системи дворядних пластинчастих електродів. При цьому потрібно врахо-

увати похибку, пов'язану з прийнятим наближенням. Найбільша похибка виявилась в областях поблизу поверхні електродів.

Формулювання мети статті. Робота направлена на визначення теплових втрат в слабо провідній рідині, що знаходиться в електричному полі, створеному три та чотирифазними системами циліндричних електродів, розташованих рядами при різних співвідношеннях розмірів міжелектродної області та діаметрах електродів.

Основна частина. Питома електропровідність слабопровідних суспензій, що підлягають очищенню та сепарації, може знаходитись в досить широких межах – від 10^{-6} до 10^{-14} См/м. Тому в залежності від величини питомої електропровідності суспензії змінюються і енерговитрати, пов'язані з виділенням тепла, відповідно закону Джоуля - Ленца. Електропровідність електродних систем залежить від їх розмірів: відстані між електродами, діаметру та довжини електродів. Ці параметри, а також величина напруги та схема її подачі на електроди і визначають енерговитрати на проведення процесу очищення або сепарації суспензій в електричному полі.

Електропровідність пластинчастих систем може бути розрахована, якщо відомі їх геометричні параметри при нехтуванні крайовими ефектами, якщо розміри пластин перевищують відстань між ними. Більш значну складність викликає розрахунок електропровідності систем циліндричних електродів. Тому для визначення електропровідності цих систем проаналізовані результати вимірювання за стандартною методикою [4] та результатами математичного моделювання методом кінцевих елементів.

Для експериментального визначення електропровідності використовувались двоядні три- та чотирифазні системи циліндричних електродів з подачею напруги як з зсувом фаз між протилежними електродами, так і без зсуву в середовищі гліцерину, питома електропровідність якого складає $1,6 \cdot 10^{-7}$ См/м.

При проведенні досліджень на електроди подавалась трифазна та чотирифазна напруга, яка вимірювалась кіловольтметром С-196. Лінійний струм вимірювався мікроамперметром М265М.

Еквівалентна схема заміщення – це симетричний трикутник для трифазної системи та симетричний чотирикутник для чотирифазної. Фазна електропровідність для трифазної системи розраховувалась за формулою

$$Y = \frac{I}{\sqrt{3}U}, \quad (1)$$

а для чотирифазної – за формулою

$$Y = \frac{I}{\sqrt{4}U}, \quad (2)$$

де Y – фазна електропровідність, См;

I – лінійний струм, А;

U – напруга, В.

Для математичного моделювання електричного поля та визначення його параметрів використовувались програмні засоби «ELCUT». Програма дозволяє визначити потужність тепловиділення в об'ємі, якщо задані потенціали на відповідних поверхнях. Електропровідність розраховувалась за формулою

$$Y = \frac{P}{m \cdot U^2}, \quad (3)$$

де P – потужність тепловиділення в об'ємі, Вт;

m – кількість фаз.

В таблиці 1 порівняно результати експериментального вимірювання з результатами моделювання та визначення електропровідності трьох - та чотирьохфазних дворядних систем циліндричних електродів при відстані між електродами в ряду та відстані між рядами –2,5 мм, активній довжині електродів –20 мм, діаметрі електродів –1 мм і кількості електродів – 32 шт.

Таблиця 1 – Порівняння експериментальних даних з результатами моделювання по визначенню електропровідності гліцерину в багатофазних системах циліндричних електродів

Система на- пруг	Експериментальні вимірювання			Імітаційне моделювання	
	Напруга, кВ	Лінійний струм, мкА	Електропро- відність, нСм	Поту- жність, Вт	Елект- ропро- відність, нСм
3 фази без зсуву	2,5	75	17,4	0,307	16,4
3 фази зі зсувом	2	75	21,7	0,252	21,0
4 фази без зсуву	3	63	14,9	0,51	14,2
4 фази зі зсувом	2	58	20,6	0,315	19,7

Результати свідчать про те, що розбіжність для всіх випадків не перевищує 6%, що дає підставу аналізувати енерговитрати різноманітних конфігурацій систем циліндричних електродів на основі імітаційного моделювання без додаткової експериментальної перевірки.

Незалежно від схеми подачі напруги на електроди електропровідність фази визначається формулою [5]

$$Y = \frac{P}{m \cdot U^2} = C \cdot \sigma, \quad (4)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від параметрів системи електродів, м;

σ – питома електропровідність середовища, См/м.

Для двомірних електричних полів, які розглядаються в роботі, третє вимірювання поля (довжина електродів B) визначає тільки потужність і може не враховуватись при визначенні коефіцієнту C

$$Y = C \cdot \sigma = K \cdot B \cdot \sigma, \quad (5)$$

де K – геометричний коефіцієнт системи електродів.

Геометричний коефіцієнт K циліндричних багаторядних систем електродів залежить від діаметру електродів, відстані між рядами та між електродами в ряду (або відстані між електродами в ряду та співвідношення розмірів), кількості фаз та схеми подачі напруги на електроди. Залежності геометричного коефіцієнту від діаметру електродів для різних співвідношень розмірів міжелектродної області трифазних та чотирифазних багаторядних систем електродів (рис. 1 – рис.4).

Очевидно, що при збільшенні електродної області (область визначається відстанями між електродами та кількістю електродів) в n разів площа області та об'єм збільшуються в n^2 разів, електричне поле зменшується в таку ж кількість разів, а щільність енергії поля та потужності тепловиділення зменшується в n^2 .

В результаті загальна потужність тепловиділення та фазна електропровідність не змінюються. Це дає підстави на основі графічних залежностей геометричного коефіцієнту електродної області від діаметру електродів при різних співвідношеннях розмірів міжелектродної області визначати електропровідність будь-якої системи циліндричних електродів, що розташовані рядами. Базовий розмір – відстань між електродами в ряду H для зручності розрахунків був прийнятий таким, що дорівнює 1 м.

Із співвідношення

$$\frac{d}{D} = \frac{h}{H},$$

де d – діаметр електроду, м,

D – діаметр електроду приведений до області з розміром $H = 1$ м, для якої отримані залежності рис. 1 – рис.4, м, витікає

$$D = \frac{d}{h}. \quad (6)$$

Геометричні коефіцієнти, що визначаються залежностями на рис. 1 – рис. 4, приведені у перерахунку до одного електроду.

Таким чином, для визначення фазної електропровідності систем електродів визначається приведений діаметр за формулою (6), за величиною якого та співвідношенням розмірів міжелектродної області за графіками рис. 1 – рис.4 визначається геометричний коефіцієнт K . Фазна електропровідність розраховується за формулою

$$Y = K \cdot B \cdot \sigma \cdot N, \tag{7}$$

де N – кількість електродів.

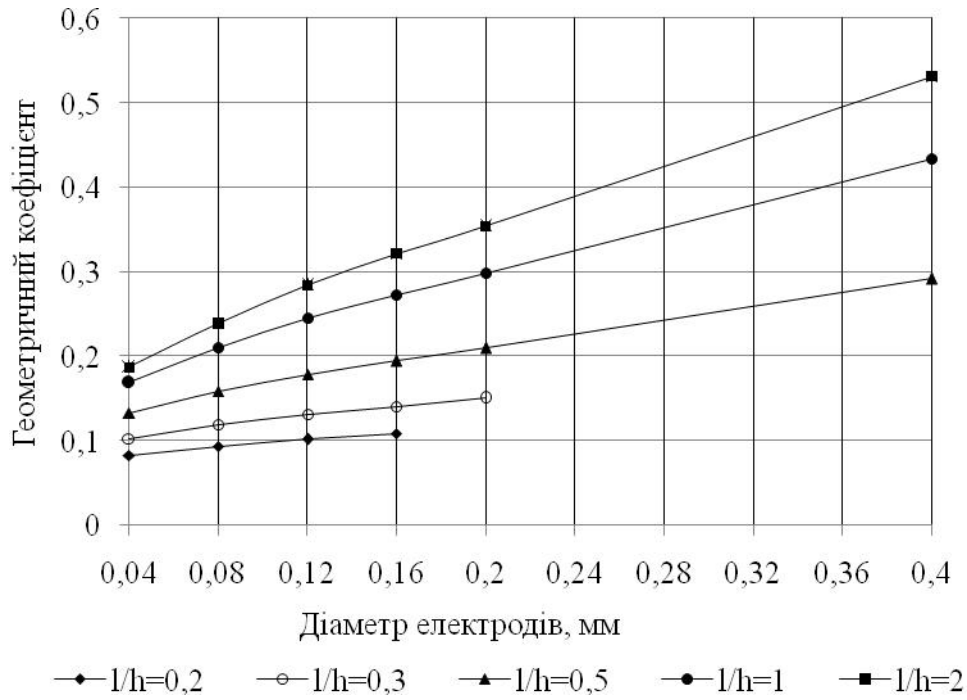


Рис. 1. Залежності геометричного коефіцієнту трифазної системи електродів без зсуву фаз між протилежними електродами.

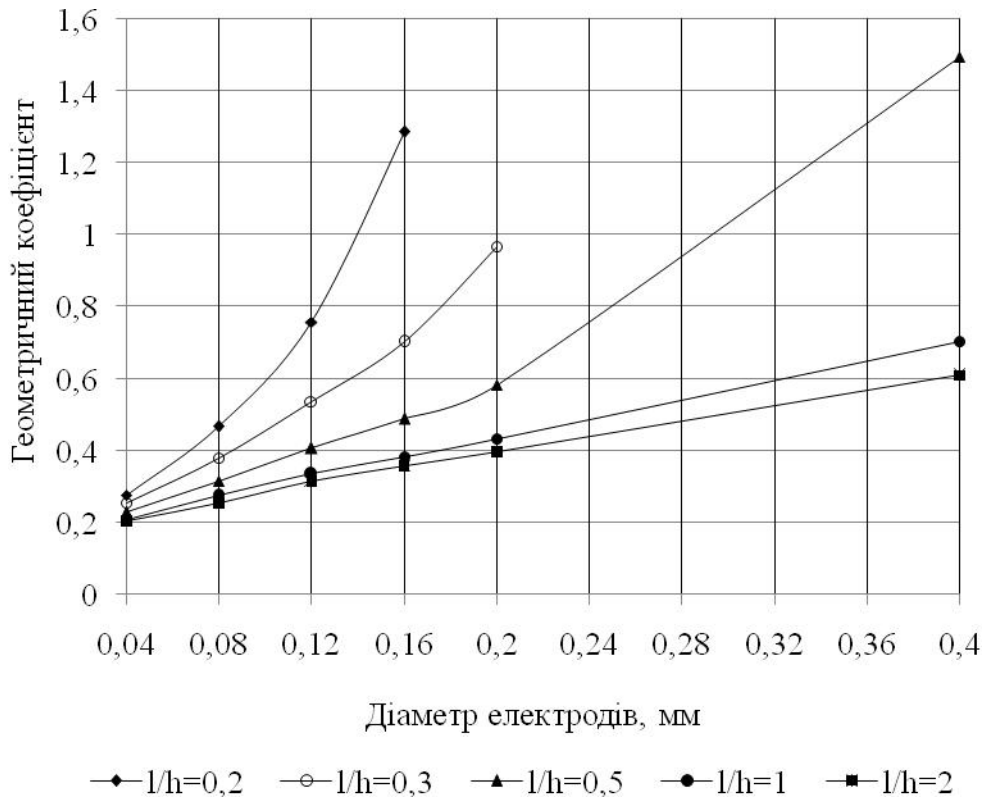


Рис. 2. Залежності геометричного коефіцієнту системи електродів зі зсувом фаз між протилежними електродами.

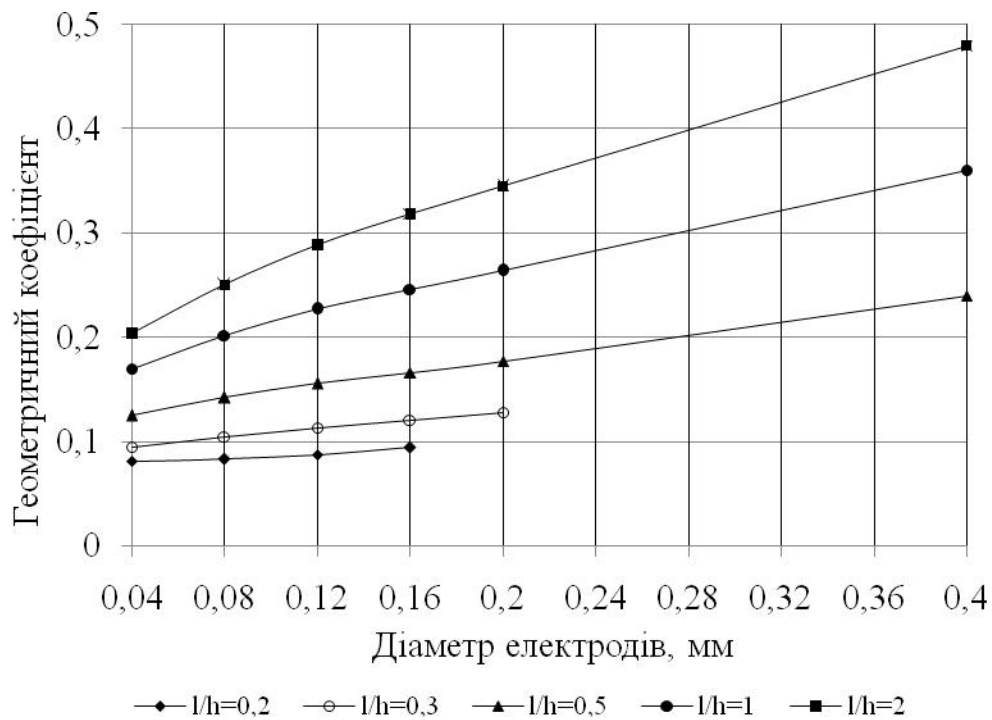


Рис. 3. Залежності геометричного коефіцієнту чотирифазної системи електродів без зсуву фаз між протилежними електродами.

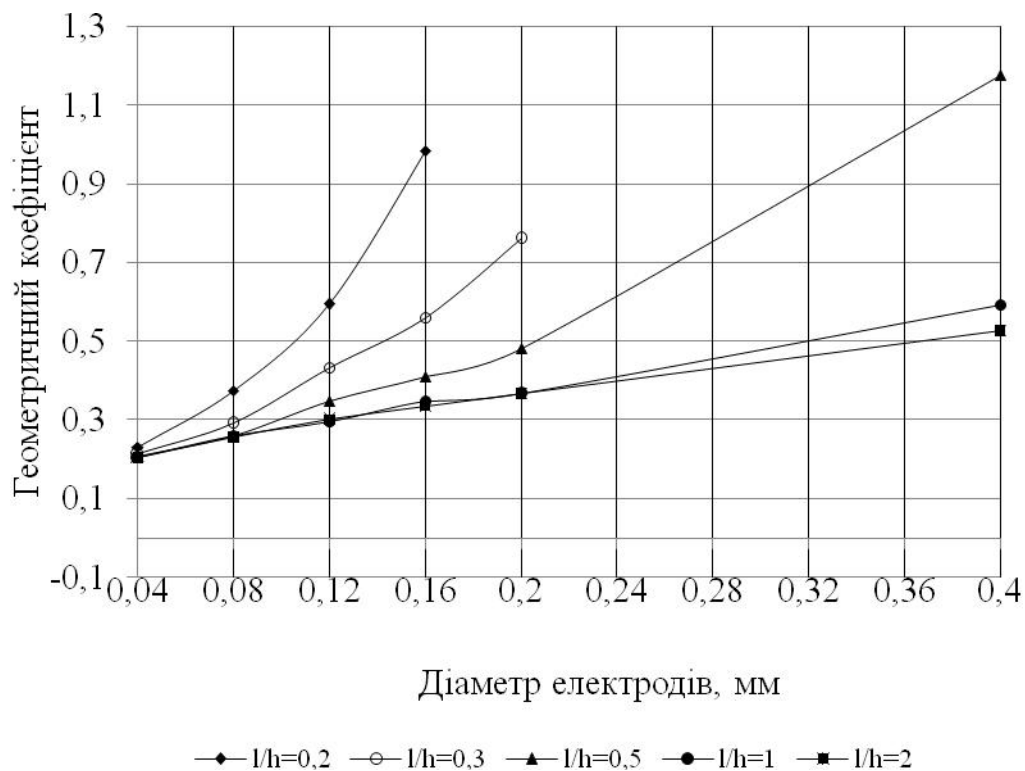


Рис. 4. Залежності геометричного коефіцієнту чотирифазної системи електродів зі зсувом фаз між протилежними електродами.